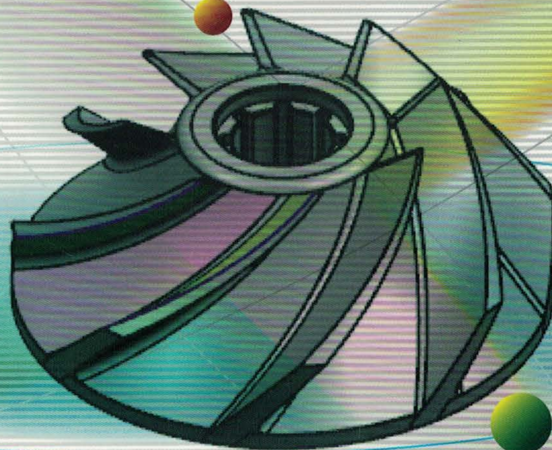
工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

UG NX 10.0 多轴数控加工典型实例详解

第3版

高长银 张新月 刘丽 黎胜容 主编

免费赠送书中所有范例的素材源文件







机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE

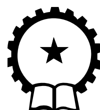
Caliente.COM

工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

UG NX 10.0 多轴数控加工典型实例详解

第 3 版

高长银　张新月　刘　丽　黎胜容　主　编



机 械 工 业 出 版 社

本书从实用角度出发，通过基础技术与应用实例结合的形式，全面系统地介绍了 UG NX 10.0 多轴数控加工功能、操作技巧及典型应用。本书包括 14 章，其中第 1～3 章介绍了 UG NX 10.0 多轴数控加工机床、参数设置及多轴加工基本技术，引导读者入门；第 4～14 章介绍了 UG NX 10.0 多轴数控加工实例，包括四轴铣削加工、五轴铣削加工、车铣复合加工及线切割多轴加工实例。这些实例全部取自一线工程实例，由浅入深，深入浅出，实践性和指导性强，有利于读者学完后举一反三，快速提升 UG NX 10.0 多轴数控编程能力和水平。

本书赠送书中所有范例的素材源文件，可通过联系 QQ：296447532 获取。本书适合学习 UG 数控编程的初中级用户使用，也可作为高校相关数控专业的教材使用。

图书在版编目（CIP）数据

UG NX 10.0 多轴数控加工典型实例详解/高长银等主编. —3 版.
—北京：机械工业出版社，2017.7
（工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书）
ISBN 978-7-111-57336-4

Ⅰ. ①U… Ⅱ. ①高… Ⅲ. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件 Ⅳ. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 162922 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：周国萍　　责任编辑：周国萍　王　良
责任校对：张　征　　封面设计：马精明
责任印制：李　昂
北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2017 年 9 月第 3 版第 1 次印刷
184mm×260mm • 23.25 印张 • 721 千字
0 001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-57336-4
定价：79.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010-88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010-88379203	金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

前　　言

UG NX 10.0 软件作为世界上先进的 CAD/CAM/CAE 集成的大型高端应用软件，其 CAM 模块广泛应用于航空、航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域，在工业界被公认为最好的 CAM 软件之一。UG NX 10.0 常用的多轴加工主要包括四轴铣削加工、五轴铣削加工、车铣复合加工、四轴线切割加工等，功能非常强大，但也比较难学。为了给读者提供有效的指导和参考，我们编写了本书。

本书共包括 14 章，具体内容如下：

第 1 章为多轴数控机床结构与加工特点，引导读者认识多轴数控机床的结构与加工特点。

第 2 章介绍了多轴数控加工工艺与基本操作。读者通过学习，将对多轴数控加工工艺与基本操作有所熟悉。

第 3 章介绍了 UG NX 10.0 多轴加工技术，主要内容有：UG NX 10.0 五轴加工父级组、创建工序（操作）、可变轴曲面轮廓铣、管理刀具路径。

第 4～6 章为四轴铣削加工实例，包括导向轮四轴数控加工、凸轮导向轴数控加工、螺旋铣刀四轴数控加工。读者通过学习，可以掌握 UG 四轴铣削加工的各种方法及应用。

第 7～9 章为五轴铣削加工实例，包括泳镜凸模数控加工、异形模具安装架五轴数控加工、发动机整体叶轮五轴数控加工。

第 10～12 章为 UG 车铣复合加工实例，包括安装套管数控加工、液压缸螺纹连接套数控加工、铜凸轮阀座数控加工。实例由浅入深，读者通过学习，可以掌握 UG 车铣复合加工的流程和基本方法。

第 13、14 章为 UG 四轴线切割加工实例，介绍了车模线切割加工和心形配饰线切割加工，分别通过几何体创建线切割和通过工序对话框创建线切割。

本书实例典型丰富，全部取自一线工程实例，实践性和指导性强，有利于读者在工作中举一反三。

本书赠送书中所有范例的素材源文件，可通过联系 QQ：296447532 获取。本书适合学习 UG 数控编程的初中级用户使用，也可作为高校相关数控专业的教材使用。

本书由高长银、张新月、刘丽、黎胜容主编，参加编写的有李万全、黎双玉、邱大伟、马龙梅、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟、刘汝芳、夏劲松。

由于编者水平有限，书中难免有一些错误和不足之处，欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

目　　录

前言

第 1 章　多轴数控机床结构与加工特点 1

1.1　多轴数控加工特点 1

1.2　四轴联动数控机床 2

1.2.1　立式四轴联动数控机床 2

1.2.2　卧式四轴联动数控机床 2

1.3　五轴联动数控机床 2

1.3.1　立式五轴联动数控机床 3

1.3.2　卧式五轴联动数控机床 3

1.4　多轴车铣复合数控机床 3

1.5　本章小结 5

第 2 章　多轴数控加工工艺与基本操作 6

2.1　多轴数控加工工艺 6

2.1.1　多轴数控加工工件、工艺装备及切削液 6

2.1.2　多轴数控加工刀具 12

2.1.3　多轴数控加工机床的坐标系及设定 18

2.1.4　多轴数控机床加工切削用量 20

2.1.5　多轴数控加工步骤及常用工艺路线 23

2.2　多轴数控机床基本操作 26

2.2.1　多轴数控机床操作面板的组成和基本操作 26

2.2.2　机床的手动操作 31

2.2.3　程序文件的调用与编辑 32

2.2.4　多轴数控机床的对刀 37

2.2.5　机床与刀具参数的设置 38

2.2.6　多轴数控机床的 MDI 操作 40

2.2.7　多轴数控机床自动方式加工 41

2.3　本章小结 42

第 3 章　UG NX 10.0 多轴加工技术 43

3.1　UG NX 10.0 多轴加工 43

3.1.1　UG NX 10.0 四轴铣加工 43

3.1.2　UG NX 10.0 五轴加工 44

3.1.3　车铣复合加工 44

3.1.4　UG NX 10.0 五轴加工的一般流程 45

3.2　UG NX 10.0 五轴加工父级组 46

3.2.1　创建程序组 46

3.2.2　创建刀具组 47

3.2.3　创建几何组 49

3.2.4　创建方法组 52

3.3　创建工序（操作） 55

3.3.1　工序（操作）的概念 55

3.3.2　创建工序步骤 55

3.4　可变轴曲面轮廓铣 56

3.4.1　可变轴曲面轮廓铣简介 56

3.4.2　驱动方法 57

3.4.3　投影矢量 78

3.4.4　刀轴控制 82

3.5　管理刀具路径 87

3.5.1　刀具路径生成 87

3.5.2　刀具路径验证 88

3.5.3　刀具路径后处理 88

3.6　本章小结 89

第 4 章　四轴铣削加工入门实例——导向轮数控加工 90

4.1　实例分析 90

4.1.1　实例整体分析 90

4.1.2　实例加工分析 90

4.2　加工流程与每步所用知识点 90

4.3　具体的加工操作过程 92

4.3.1　初始化加工环境 92

4.3.2　创建加工父级组 92

4.3.3　可变轴曲面轮廓铣外圆精加工 96

4.3.4　可变轴曲面轮廓槽精加工 99

4.3.5　刀具路径后处理 103

4.4　实例小结 103

第 5 章　四轴铣削加工提高实例——凸轮导向轴数控加工 104

5.1　实例分析 104

5.1.1　实例整体分析 104

5.1.2　实例加工分析 104

5.2　加工流程与每步所用知识点 104

5.3　具体的加工操作过程 106

5.3.1　初始化加工环境 106

5.3.2　创建加工父级组 107

5.3.3　可变轴曲面轮廓铣外圆精加工 111

5.3.4 可变轴曲面轮廓槽精加工........................115
5.3.5 旋转阵列复制槽工序........................119
5.3.6 创建钻孔加工........................119
5.3.7 旋转阵列复制钻孔工序........................123
5.3.8 刀具路径后处理........................124
5.4 实例小结........................124
第 6 章 四轴铣削加工经典实例——螺旋铣刀数控加工........................125
6.1 实例分析........................125
6.1.1 实例整体分析........................125
6.1.2 实例加工分析........................125
6.2 加工流程与每步所用知识点........................125
6.3 具体的加工操作过程........................127
6.3.1 初始化加工环境........................127
6.3.2 创建加工父级组........................128
6.3.3 可变轴曲面轮廓铣沟道精加工........................130
6.3.4 可变轴曲面轮廓铣左侧面精加工........................135
6.3.5 可变轴曲面轮廓铣右侧面精加工........................137
6.3.6 旋转阵列工序........................139
6.3.7 刀具路径后处理........................140
6.4 实例小结........................140
第 7 章 五轴铣削加工入门实例——泳镜凸模数控加工........................141
7.1 实例分析........................141
7.1.1 实例整体分析........................141
7.1.2 实例加工分析........................141
7.2 加工流程与每步所用知识点........................141
7.3 具体的加工操作过程........................143
7.3.1 初始化加工环境........................143
7.3.2 创建加工父级组........................144
7.3.3 型腔铣粗加工........................148
7.3.4 等高轮廓铣半精加工........................151
7.3.5 可变轴曲面轮廓铣精加工顶面........................154
7.3.6 可变轴曲面轮廓铣精加工圆角........................159
7.3.7 可变轴曲面轮廓铣精加工侧壁........................162
7.3.8 型腔铣精加工分型面........................166
7.3.9 刀具路径后处理........................168
7.4 实例小结........................168
第 8 章 五轴铣削加工提高实例——异形模具安装架数控加工........................169
8.1 实例分析........................169
8.1.1 实例整体分析........................169
8.1.2 实例加工分析........................169
8.2 加工流程与每步所用知识点........................170
8.3 具体的加工操作过程........................172
8.3.1 初始化加工环境........................172
8.3.2 创建加工父级组........................173
8.3.3 型腔铣粗加工........................178
8.3.4 等高轮廓铣半精加工........................181
8.3.5 可变轴曲面轮廓铣精加工斜曲面........................185
8.3.6 可变轴曲面轮廓铣右侧面精加工........................190
8.3.7 平面铣精加工侧面直凹槽........................192
8.3.8 可变轴曲面轮廓铣精加工侧斜直壁........................196
8.3.9 铣削加工几何体........................198
8.3.10 可变轴曲面轮廓铣精加工侧壁凹槽........................200
8.3.11 创建钻侧壁面上的孔........................202
8.3.12 创建钻底面上的孔........................206
8.3.13 刀具路径后处理........................209
8.4 实例小结........................209
第 9 章 五轴铣削加工经典实例——发动机整体叶轮数控加工........................210
9.1 实例分析........................210
9.1.1 实例整体分析........................210
9.1.2 实例加工分析........................210
9.2 加工流程与每步所用知识点........................210
9.3 具体的加工操作过程........................212
9.3.1 初始化加工环境........................212
9.3.2 创建加工父级组........................212
9.3.3 流道精加工........................216
9.3.4 左叶片侧面精加工........................224
9.3.5 右叶片精加工........................231
9.3.6 旋转阵列操作........................234
9.3.7 刀具路径后处理........................235
9.4 实例小结........................235
第 10 章 车铣复合加工入门实例——安装套管数控加工........................236
10.1 实例分析........................236
10.1.1 实例整体分析........................236
10.1.2 实例加工分析........................236
10.2 加工流程与每步所用知识点........................236
10.3 具体的加工操作过程........................239
10.3.1 初始化加工环境........................239
10.3.2 车削加工........................239
10.3.3 铣削加工........................250
10.3.4 创建切断工序........................263
10.4 实例小结........................264
第 11 章 车铣复合加工提高实例——液压缸螺纹连接套数控加工........................265
11.1 实例分析........................265

11.1.1 实例整体分析..265
11.1.2 实例加工分析..265
11.2 加工流程与每步所用知识点........................265
11.3 具体的加工操作过程..................................268
11.3.1 初始化加工环境....................................268
11.3.2 车削加工..268
11.3.3 铣削加工..285
11.3.4 创建切断工序..292
11.4 实例小结..294
第 12 章 车铣复合加工经典实例——铜凸轮阀座数控加工..................................295
12.1 实例分析..295
12.1.1 实例整体分析..295
12.1.2 实例加工分析..295
12.2 加工流程与每步所用知识点........................295
12.3 具体的加工操作过程..................................300
12.3.1 初始化加工环境....................................300
12.3.2 右端轮廓车削加工................................300
12.3.3 调头左端内圆轮廓车削加工.................317
12.3.4 铣削加工..330
12.4 实例小结..340
第 13 章 四轴线切割入门实例——车模数控加工..341
13.1 实例分析..341
13.1.1 实例整体分析..341
13.1.2 实例加工分析..341
13.2 加工流程与每步所用知识点........................341
13.3 具体的加工操作过程..................................343
13.3.1 初始化加工环境....................................343
13.3.2 定义加工坐标系....................................343
13.3.3 创建外轮廓线切割加工........................344
13.3.4 后处理..347
13.4 实例小结..348
第 14 章 四轴线切割提高实例——心形配饰数控加工..349
14.1 实例分析..349
14.1.1 实例整体分析..349
14.1.2 实例加工分析..349
14.2 加工流程与每步所用知识点........................349
14.3 具体的加工操作过程..................................351
14.3.1 初始化加工环境....................................351
14.3.2 定义加工坐标系....................................352
14.3.3 创建线切割刀具....................................352
14.3.4 创建内轮廓线切割加工左腔.................352
14.3.5 创建内轮廓线切割加工右腔.................357
14.3.6 创建外轮廓线切割................................359
14.3.7 后处理..363
14.4 实例小结..363
参考文献..364

01

第 1 章　多轴数控机床结构与加工特点

航空航天、发电、船舶等行业产品往往具有复杂的型面，同时有较高的精度要求，对机械加工设备的要求非常严格。为了满足这些行业的需求，多轴联动数控机床应运而生。本章将主要介绍常用的多轴加工机床。

本章知识要点：

- 了解多轴加工特点。
- 了解四轴联动数控机床。
- 了解五轴联动数控机床。
- 了解车铣复合数控机床。

1.1　多轴数控加工特点

所谓多轴数控机床是指在一台机床上至少具有第 4 轴，如四轴数控机床有 3 个直线坐标轴和 1 个旋转坐标轴，并且 4 个坐标轴可以在计算机数控系统的控制下同时协调运动进行加工。五轴数控加工机床具有 3 个直线坐标轴和两个旋转坐标轴，并且可以同时控制、联动加工。与三轴联动数控机床相比较，多轴加工具有[1, 3]：

1）可以一次装夹完成多面多方位加工，从而提高零件的加工精度和加工效率。当前，为了进一步提高产品性能和质量，现代产品不仅是航空、航天产品和运载工具，而且包括精密仪器、仪表、运动器械等产品的零件，都越来越多地采用整体材料铣成，而且其上面还有许多各式各样的复杂曲面和斜孔，如果采用三轴加工，必须经过多次定位安装才能完成，而采用五轴加工可一次装夹完成大部分工作。

2）由于多轴机床的刀轴可以相对工件状态而改变，刀具或工件的姿态角可以随时调整，故可以加工一般三轴数控机床不能加工或很难一次装夹完成加工的连续、平滑的自由曲面，如航空发动机和汽轮机的叶片、螺旋推进器等，如图 1-1 所示。如采用三轴数控机床加工，由于其刀具相对于工件的姿态在加工过程中不能改变，加工某些复杂曲面时，就可能产生干涉和欠加工。而用五轴加工由于刀具的轴线可随时调整，避免了刀具与工件的干涉，并能一次装夹完成全部加工。



a）　　b）

图 1-1　典型复杂型面零件

a）叶片　b）叶轮

3）由于多轴机床的刀具或工件的姿态角可调，所以可以避免刀具干涉、欠切和过切现象发生，可以提高空间自由曲面的加工精度、质量和效率。例如采用三轴数控机床加工复杂曲面时，多采用球头铣刀，球头铣刀是以点接触工件，切削效率低，刀具/工件姿态在加工过程不能调整，一般很难保证用球头上的最佳切削点（即球头上线速度最高的点）进行切削。如果采用五轴机床加工，由于刀具/工件姿态在加工过程可随时调整，可获得更高的切削速度、切削效率和切削质量。

4）多轴加工机床的应用可以大大简化刀具形状，从而降低刀具成本，同时还可以改善刀具的长径比，使刀具的刚性、切削速度和进给速度得到很大的提高。

5）在多轴机床上进行加工时，工件夹具较为简单。由于有了坐标转换和倾斜面加工功能，使得有些复杂型面加工转变为二维平面加工。由于有了刀轴控制功能，斜面上孔加工的编程和操作也变得更加方便。

1.2 四轴联动数控机床

四轴联动数控机床有 3 个直线坐标轴和一根旋转轴 A 轴或者 B 轴，并且 4 个坐标轴在计算机数控（CNC）系统的控制下可以同时协调运动进行加工。典型的四轴联动数控机床如图 1-2 所示。



图 1-2 典型的四轴联动数控机床

1.2.1 立式四轴联动数控机床

3+1 形式的四轴联动数控机床是在三轴立式数控铣床或加工中心上，附加一个具有旋转轴的数控转台来实现四轴联动加工，如图 1-3 所示。

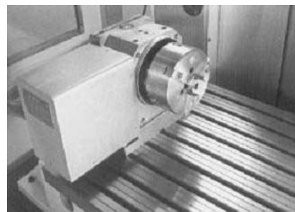
由于以立式铣床或加工中心作为主要加工形式，所以数控转台只能算作是机床的一个附件。这类机床的特点是：

（1）价格相对便宜 由于数控转台是一个附件，所以用户可以根据需要选配。

（2）装夹方式灵活 可以根据工件的形状选择不同的附件，既可以选择自定心卡盘装夹，也可以选配单动卡盘或者花盘装夹。

（3）拆卸方便 在利用三轴加工大工件时，可以把数控转台拆卸下来。当需要时可以很方便地把数控转台安装在工作台上进行四轴联动加工。

立式加工中心可以选用沈阳机床厂生产的 VMC850E 机床，如图 1-4 所示。该机床的特点是：结构紧凑，性价比高。



数控转台安装在工作台上



数控转台装夹工件

图 1-3 数控转台



图 1-4 沈阳机床厂的 VMC850E 机床

1.2.2 卧式四轴联动数控机床

图 1-5 所示为日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心，是具有 B 轴的卧式四轴加工中心。该机床是高精度加工中心，它采用全闭环控制系统，反馈元件是精密直线光栅尺和圆光栅，主机采用横床身、框架式动立柱布局，分度转台采用高精度多齿盘，数控系统是 FANUC 11M。该机床配有两个可自动交换的工作台，当左工作台上的工件处于加工状态时，操作者可在右工作台上对另一个工件进行准备工作，从而提高加工效率。该机床适合于箱体类零件的加工，如减速箱、阀体及需多面加工的零件等。

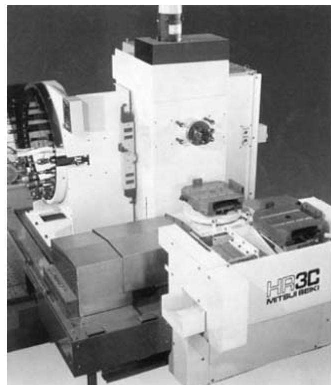


图 1-5 日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心

1.3 五轴联动数控机床

五轴数控加工就是指在一台机床上至少有 5 个坐标轴（三个直

线坐标和两个旋转坐标），而且可在计算机数控系统控制下同时协调运动进行加工。图 1-6 所示为典型的五轴联动数控机床。



图 1-6 典型的五轴联动数控机床

和三轴联动数控机床相比，五轴联动数控机床多了两个转动轴，但是在结构布置方面，往往不是在三轴联动数控机床上添加两个转动轴那么简单。按照主轴的位置关系可分为以下两大类：立式五轴联动数控机床和卧式五轴联动数控机床。

1.3.1 立式五轴联动数控机床

图 1-7 所示为工作台回转的立式五轴加工中心，设置在床身上的工作台可以环绕 X 轴回转，定义为 A 轴，A 轴工作范围一般在+30°至−120°。工作台的中间还设有一个回转台，在图示的位置上环绕 Z 轴回转，定义为 C 轴，C 轴都是 360°回转。这样通过 A 轴与 C 轴的组合，固定在工作台上的工件除了底面之外，其余的 5 个面都可以由立式主轴进行加工。A 轴和 C 轴最小分度值一般为 0.001°，这样又可以把工件细分成任意角度，加工出倾斜面、倾斜孔等。A 轴和 C 轴如与 XYZ 3 直线轴实现联动，就可加工出复杂的空间曲面，当然这需要高档的数控系统、伺服系统及软件的支持。这种设置方式的优点是主轴的结构比较简单，主轴刚性非常好，制造成本比较低。但一般工作台不能设计太大，承重也较小，特别是当 A 轴回转大于等于 90°时，工件切削时会对工作台带来很大的承载力矩。

另一种是主轴回转的立式五轴加工中心，如图 1-8 所示。主轴前端是一个回转头，能自行环绕 Z 轴 360°回转，成为 C 轴，回转头上还带可环绕 X 轴旋转的 A 轴，一般可达±90°以上，实现上述同样的功能。这种设置方式的优点是主轴加工非常灵活，工作台也可以设计得非常大，客机庞大的机身、巨大的发动机壳都可以在这类加工中心上加工。

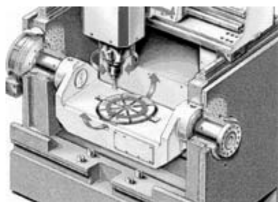


图 1-7 工作台回转的立式五轴加工中心

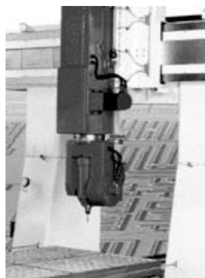


图 1-8 主轴回转的立式五轴加工中心

1.3.2 卧式五轴联动数控机床

图 1-9 所示为传统的工作台回转的卧式五轴加工中心加工叶轮，设置在床身上的工作台 A 轴工作范围一般+20°至−100°。工作台的中间也设有一个回转台 B 轴，B 轴可双向 360°回转。这种卧式五轴加工中心的联动特性比较好，常用于加工大型叶轮的复杂曲面。回转轴也可配置圆光栅尺反馈，分度精度可达到几秒。这种回转轴结构比较复杂，价格也昂贵。

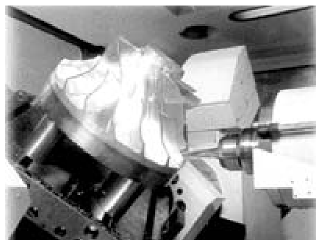


图 1-9 工作台回转的卧式五轴加工中心加工叶轮

1.4 多轴车铣复合数控机床

复合加工是目前国际上机械加工领域最流行的加工工艺之一，是一种先进制造技术。复合加工就是把几种不同的加工工艺在一台机床上实现。复合加工应用最广泛、难度最大的就是车铣复合加工。车铣复合加工中心相当于一台数控车床和一台加工中心的复合。

图 1-10 所示为马扎克 Integrexe—420H 车铣复合加工中心。车铣中心的车床主轴和铣削主轴头都采用带编码器、能精确定位和锁紧的电主轴，在车削时车床主轴带动工件旋转，铣削主轴锁紧，作为带 B 轴的车床刀架使用，而在铣削时，车床主轴则反过来作为 A 轴转盘使用。

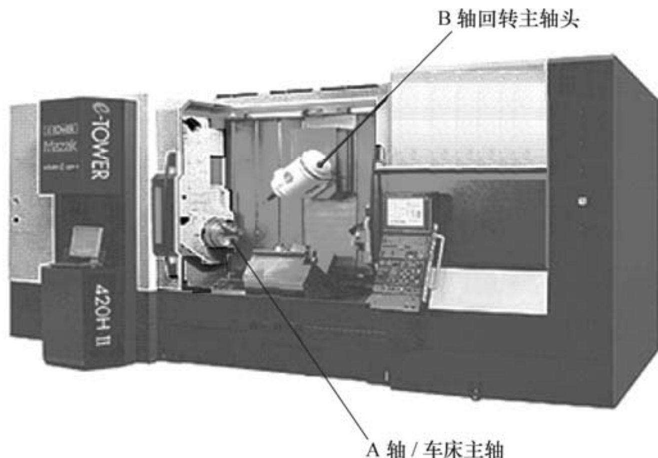


图 1-10　马扎克 Integrexe—420H 车铣复合加工中心

1．车铣复合加工的特点

与常规加工设备不同的是，一台车铣复合加工中心实际上相当于一条生产线，工序集中是复合加工最为鲜明的工艺特点。如何根据零件工艺特性和车铣复合加工的工艺特点制订合理的工艺路线、装夹方法和选用合理的数控刀具是实现高效精密加工的关键。

2．车铣复合加工机床

图 1-11 所示为沈阳机床厂的 HTM63150iy 五轴车铣复合机床。HTM63150iy 五轴车铣复合机床是一台具有国际先进水平的产品，主要特点是具有 X、Y、Z、B、C 五轴联动功能，配有前后主轴。由于具有 Y 轴和 B 轴功能，因此该机床加工工艺范围广，采用的刀具种类和规格较多，可以加工盘类、轴类零件的外圆、内孔、端面、切槽、螺纹及锥面、圆弧曲面等。该机床主要应用是铣削加工叶片螺旋面、加工偏心零件、铣削斜面，特别适用于军工、航天、航空等加工制造行业的复杂零件的加工，零件经一次装夹可以加工完成全部或大部分工序，大大提高了工作效率，保证零件的加工精度。

图 1-12 所示为德国的 Mill 800 铣车复合加工中心。它是在 Mill 800 优异的铣削性能基础上，进一步增加了车削功能，可实现功能强大的铣车复合加工。为了满足不同种类的加工需求，该机床的配置非常丰富，包括：数控 B 轴具有摆动功能（达±100°）的铣头、转速达 5000r/min 的高速车削主轴、多种长度规格的棒料库及自动送料装置、顶尖和虎钳合二为一的数控尾座、自动下料装置、9000～20000r/min 不同转速的电主轴，以及不同容量的刀库系统等。Mill 800 不但可以进行复杂的 5 轴联动铣削加工，也可以进行立式或卧式车削加工，一次上料可以完成 6 面完全加工，其最大可加工棒料直径达 100mm。



图 1-11　HTM63150iy 五轴车铣复合机床



图 1-12　德国的 Mill 800 铣车复合加工中心

图 1-13 所示为德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear。除了保留 GMX linear 车铣加工系列机床的所有优点外，还吸取了德马吉其他机床的众多优点。集合了 Siemens SolutionLine 和 ShopTurn 的编程控制系统；采用图形辅助编程技术，解除了大多数人对于万能车削加工中心操作编程复杂的顾虑，这项技术可以应用于零件的 3D 模拟加工，甚至可以加入 B 轴的模拟加工。



图 1-13　德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear

1.5　本章小结

本章介绍了多轴数控机床知识，包括立式和卧式四轴联动机床、立式和卧式五轴联动机床及多轴数控车铣复合机床等。通过本章的学习，读者可以对多轴数控机床有一大致的了解，为后面利用 UG NX10.0 进行多轴数控编程奠定理论基础。

第 2 章　多轴数控加工工艺与基本操作

02

本章将对多轴数控加工工艺进行详细介绍，包括多轴加工工件特点、工装夹具、切削刀具、多轴加工坐标系、切削用量选择及工艺路线确定等。其中，切削用量选择和工艺路线确定是本章学习的重点及难点。

本章知识要点：

- 了解多轴加工工艺装备。
- 了解多轴加工切削刀具。
- 掌握多轴加工坐标系。
- 掌握多轴加工切削用量的选择。
- 掌握多轴加工工艺路线的确定。
- 了解 HEIDENHAIN 数控系统机床操作。

2.1　多轴数控加工工艺

2.1.1　多轴数控加工工件、工艺装备及切削液

多轴加工就是多坐标加工，常用于加工复杂曲面产品。本节介绍多轴加工零件、工装及切削液等。

1．多轴加工工件

采用多轴联动机床加工模具可以很快完成模具加工，使模具加工变得更加容易，并且使模具修改变得容易。在传统的模具加工中，一般用立式加工中心来完成工件的铣削加工。随着模具制造技术的不断发展，立式加工中心本身的一些弱点表现得越来越明显。现代模具加工普遍使用球头铣刀来加工，球头铣刀在模具加工中带来的好处非常明显，但是如果用立式加工中心的话，其底面的线速度为零，这样底面的表面质量就很差，如果使用四轴、五轴联动机床加工技术加工模具，就可以克服上述不足。例如车灯模具（图 2-1），汽车大灯模具的精加工用双转台五轴联动机床加工，由于大灯模具的特殊光学效果要求，用于反光的众多小曲面对加工的精度和表面质量都有非常高的指标要求，特别是表面质量，几乎要求达到镜面效果。

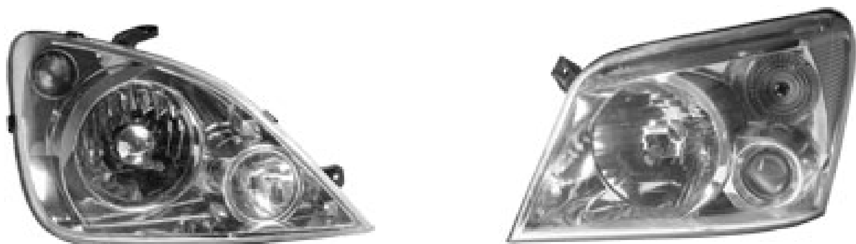
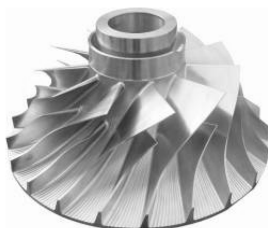


图 2-1　车灯零件

典型复杂型面零件如图 2-2 所示，如采用三轴数控机床加工，由于其刀具相对于工件的姿态在加工过程中不能改变，加工某些复杂曲面时，就可能产生干涉和欠加工。而用五轴加工由于刀具的轴线可随时调整，避免刀具与工件的干涉，并能通过一次装夹完成全部加工，可用于发动机的叶片、船用螺旋桨和各种人工关节骨骼等的加工，此类零件占五轴加工类零件的 5%，如图 2-2 和图 2-3 所示。

a）　　　　　　　　b）

图 2-2　典型复杂型面零件

a）叶片　b）　叶轮

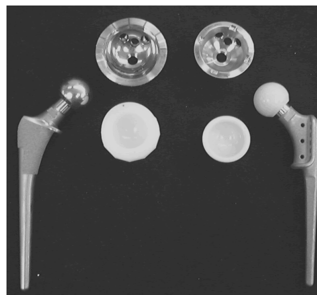


图 2-3　人工关节骨骼

多轴定位加工是指两个旋转轴根据不同需要转动到一定的角度，然后锁紧进行加工，当完成某一加工区域后，再根据需要调整两个旋转轴的加工。此类零件占五轴加工类零件的 95%。五轴定位加工零件如图 2-4 所示。



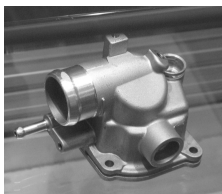



图 2-4　五轴定位加工零件

2．工艺装备

数控机床夹具必须适应数控机床的高精度、高效率、多方向同时加工、数字程序控制及单件小批量生产的特点。为此，对数控机床夹具提出了一系列新的要求：

- 标准化、系列化和通用化。
- 发展组合夹具和拼装夹具，降低生产成本。
- 高精度。
- 提高夹具的高效自动化水平。

（1）数控铣床夹具　数控铣床常用夹具是平口钳。先把平口钳固定在工作台上，找正钳口，再把工件装夹在平口钳上，这种方式装夹方便，应用广泛，适用于装夹形状规则的小型工件，如图 2-5 所示。

（2）组合夹具　组合夹具把专用夹具的设计、制造、使用、报废的单向过程变为组装、拆散、清洗入库、再组装的循环过程。可用几小时的组装周期代替几个月的设计制造周期，从而缩短了生产周期，节省了工时和材料，降低了生产成本，还可减少夹具库房面积，有利于管理。

组合夹具的元件精度高、耐磨，实现了完全互换，元件精度一般为 IT6～IT7 级。用组合夹具加工的工件，位置精度一般可达 IT8～IT9 级，若精心调整，可以达到 IT7 级。

由于组合夹具有很多优点，又特别适用于新产品试制和多品种、小批量生产，所以近年来发展迅速，应用较广。组合夹具的主要缺点是体积较大、刚度较差、一次投资多、成本高，这使组合夹具的推广应用受到一定限制。

图 2-6 所示为盘类件钻径向孔工序图，用来钻径向分度孔的组合夹具立体图及其分解图如图 2-7 所示。

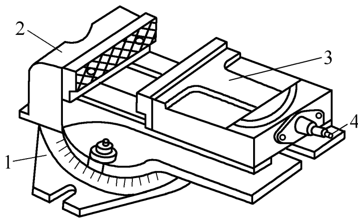


图 2-5 平口钳

1—底座 2—固定钳口 3—活动钳口 4—螺杆

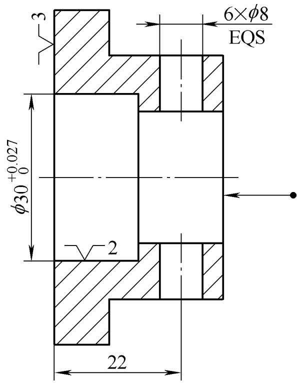


图 2-6 盘类件钻径向孔工序图

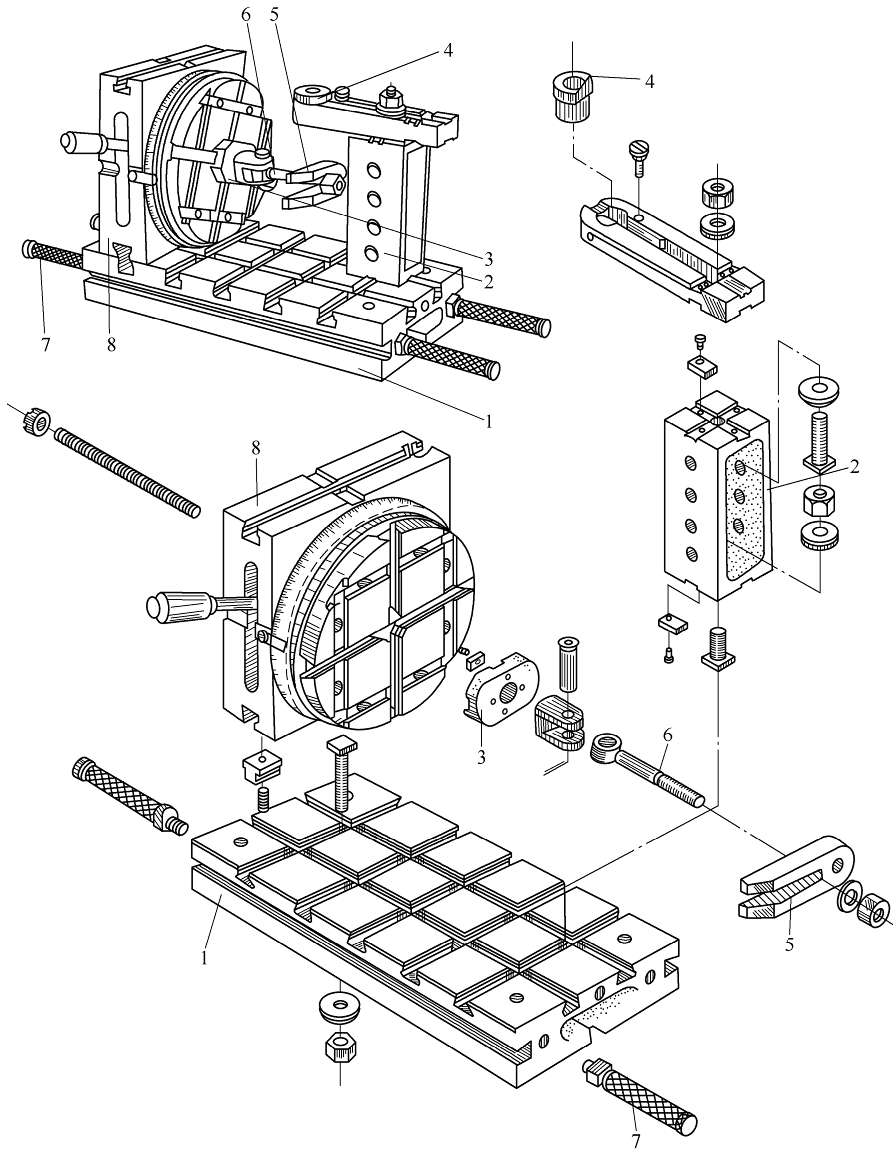


图 2-7 钻盘类零件径向孔的组合夹具立体图及其分解图

1—基础件 2—支承件 3—定位件 4—导向件 5—夹紧件 6—紧固件 7—其他件 8—合件

（3）拼装夹具　拼装夹具是在成组工艺基础上，用标准化、系列化的夹具零部件拼装而成的夹具。它有组合夹具的优点，且比组合夹具有更好的精度和刚性、更小的体积和更高的效率，因而更适合柔性加工的要求，常用作数控机床夹具。

图 2-8 所示为镗箱体孔的数控机床夹具，需在工件 6 上镗削 *A*、*B*、*C* 3 个孔。工件在液压基础平台 5 及三个定位销孔 3 上定位；通过基础平台内两个液压缸 8、活塞 9、拉杆 12、压板 13 将工件夹紧；夹具通过安装在基础平台底部的两个连接孔中的定位键 10 在机床 T 形槽中定位，并通过两个螺旋压板 11 固定在机床工作台上。可选基础平台上的定位孔 2 作为夹具的坐标原点，与数控机床工作台上的定位孔 1 的距离分别为 X_0、Y_0。3 个加工孔的坐标尺寸可用机床定位孔 1 作为零点进行计算编程，称为固定零点编程；也可选夹具上方便的某一定位孔作为零点进行计算编程，称为浮动零点编程。

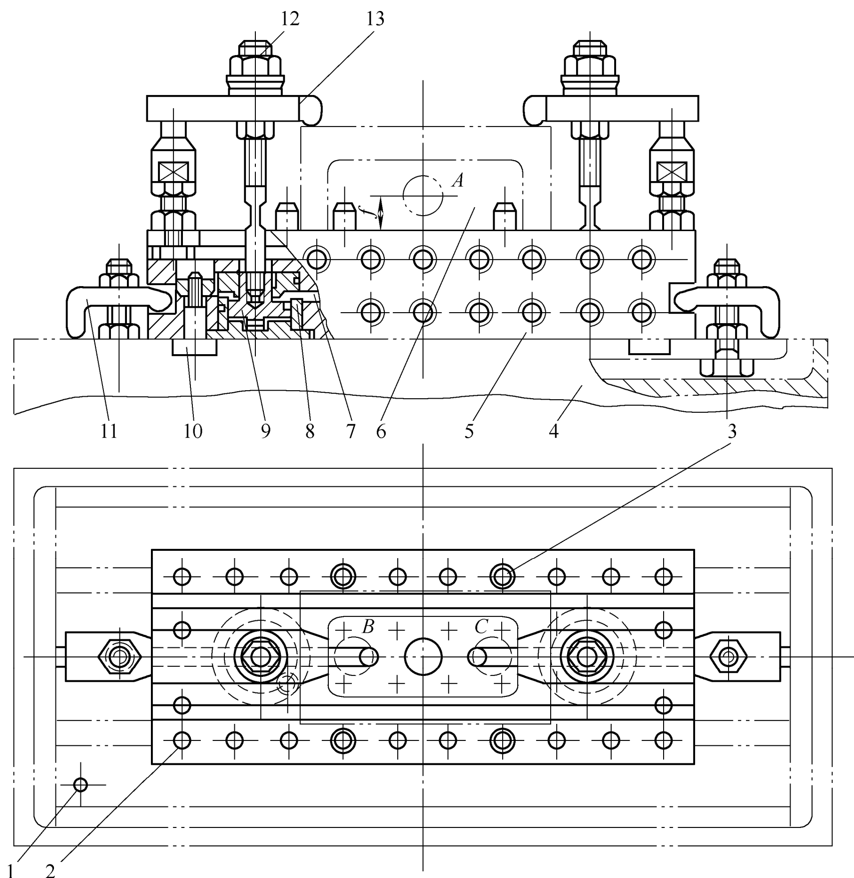


图 2-8　镗箱体孔的数控机床夹具

1、2—定位孔　3—定位销孔　4—数控机床工作台　5—液压基础平台

6—工件　7—通油孔　8—液压缸　9—活塞　10—定位键　11、13—压板　12—拉杆

3．切削液

切削液的主要功能是起润滑和冷却作用，它对于减少刀具磨损、提高加工表面质量、降低切削区温度和提高生产效率都有非常重要的作用。

（1）切削液的作用

1）润滑作用。切削液能在刀具的前、后面与工件之间形成一层润滑薄膜，可减少或避免刀具与工件或切屑间的直接接触，减轻摩擦和黏结程度，因而可以减轻刀具的磨损，提高工件表面的加工质量。

切削速度对切削液的润滑效果影响最大，一般速度越快，切削液的润滑效果越差。切削液的润滑效果还与切削厚度、材料强度等切削条件有关。切削厚度越大，材料强度越高，润滑效果越差。

2）冷却作用。流出切削区的切削液带走大量的热量，从而降低工件与刀具的温度，提高刀具寿命，减少热变形，提高加工精度。不过切削液对刀具与切屑界面的影响不大，试验表明，切削液只能缩小刀具与切屑界面的高温区域，并不能降低最高温度，一般的浇注方法主要冷却切屑。切削液如喷注到刀具副后面处，对刀具和工件的冷却效果更好。

切削液的冷却性能取决于它的导热系数、比热容、汽化热、气化速度及流量、流速等。切削热的冷却作用主要靠热传导。因为水的导热系数为油的 3～5 倍，且比热也大一倍，所以水溶液的冷却性能比油好。

切削液自身温度对冷却效果影响很大。切削液温度太高，冷却作用小；切削液温度太低，切削液黏度大，冷却效果也不好。

3）清洗作用。在车、铣、磨削、钻等加工时，常浇注和喷射切削液来清洗机床上的切屑和杂物，并将切屑和杂物带走。

4）防锈作用。一些切削液中加入了防锈添加剂，它能与金属表面起化学反应，生成一层保护膜，从而起到防锈的作用。

（2）切削液添加剂及切削液分类

1）切削液添加剂。

① 油性添加剂：单纯矿物油与金属的吸附力差，润滑效果不好，如在矿物油中添加油性添加剂，将改善润滑作用。动植物油、皂类、胺类等与金属吸附力强，形成的物理吸附油膜较牢固，是理想的油性添加剂。不过物理吸附油膜在温度较高时将失去吸附能力，因此一般油性添加剂切削液在 200℃以下使用。

② 极压添加剂：这种添加剂主要利用添加剂中的化合物，在高温下与加工金属快速反应形成化学吸附膜，从而起固体润滑剂作用。目前常用的添加剂中一般含氯、硫和磷等化合物。由于化学吸附膜与金属结合牢固，一般在 400～800℃高温时仍起作用。硫与氯的极压切削油分别对有色金属和钢铁有腐蚀作用，应注意合理使用。

③ 表面活性剂：表面活性剂是一种有机化合物，它使矿物油微小颗粒稳定分散在水中，形成稳定的水包油乳化液。表面活性剂除起乳化作用外，还能吸附在金属表面，形成润滑膜，起润滑作用。

乳化液中除加入适量的乳化稳定剂（如乙二醇、正丁醇）外，还添加防锈添加剂（如亚硝酸钠等）、抗泡沫剂（二甲硅油等）和防霉添加剂（苯酚等）。

2）切削液的种类。切削液可分为水溶性和非水溶性两大类。

① 切削油：切削油分为两类，一类是以矿物油为基体加入油性添加剂的混合油，一般用于低速切削有色金属及磨削中；另一类是极压切削油，是在矿物油中添加极压添加剂制成，适用于重切削和难加工材料的切削。

② 乳化液：乳化液是用乳化油加 70%～98%的水稀释而成的乳白色或半透明状液体，它由切削油加乳化剂制成。乳化液具有良好的冷却和润滑性能。乳化液的稀释程度根据用途定。浓度高润滑效果好，但冷却效果差；反之，浓度低冷却效果好，润滑效果差。

③ 水溶液：水溶液的主要成分是水，具有良好的防锈性能和一定的润滑性能，常加入一定的添加剂（如亚硝酸钠、硅酸钠等）。常用的水溶液有电介质水溶液和表面活性水溶液。电介质水溶液是在水中加入电介质作为防锈剂；表面活性水溶液是加入皂类等表面活性物质，增强水溶液的润滑作用。

（3）切削液的选用原则　切削液的效果除由本身的性能决定外，还与工件材料、刀具材料、加工方法等因素有关，应该综合考虑，合理选择，以达到良好的效果。表 2-1 为常用切削液选用表。以下是一般的选用原则：

① 粗加工：粗加工时，切削用量大，产生的切削热量多，容易使刀具迅速磨损。此类加工一般采用冷却作用为主的切削液，如离子型切削液或 3%～5%乳化液。切削速度较低时，刀具以机械磨损为主，宜选用润滑作用为主的切削液；速度较高时，刀具主要是热磨损，应选用冷却作用为主的切削液。

硬质合金刀具耐热性好，热裂敏感，可以不用切削液。如采用切削液，必须连续、充分浇注，以免冷热不均产生热裂纹而损伤刀具。

② 精加工：精加工时，切削液的主要作用是提高工件表面加工质量和加工精度。

加工一般钢件，在较低的速度（6.0～30m/min）情况下，宜选用极压切削油或 10%～12%极压乳化液，以减小刀具与工件之间的摩擦和黏结，抑制积屑瘤。

精加工铜及其合金、铝及合金或铸铁时，宜选用粒子型切削液或 10%～12%乳化液，以及 10%～12%极压乳化液，以减小加工表面粗糙度值。注意加工铜材料时，不宜采用含硫切削液，因为硫对铜有腐蚀作用。另外，加工铝时，也不适于采用含硫与氯的切削液，因为这两种元素宜与铝形成强度高于铝的化合物，反而增大刀具与切屑间的摩擦。也不宜采用水溶液，因高温时水会使铝产生针孔。

③ 难加工材料的切削：难加工材料硬质点多，热导率低，切削液不易散出，刀具磨损较快。此类加工一般处于高温高压的边界润滑摩擦状态，应选用润滑性能好的极压切削油或高浓度的极压乳化液。当用硬质合金刀具高速切削时，可选用冷却作用为主的低浓度乳化液。

表 2-1　常用切削液选用表

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">加工类型</th><th colspan="6">工件材料</th></tr>
<tr><th>碳钢</th><th>合金钢</th><th>不锈钢及耐热钢</th><th>铸铁及黄铜</th><th>青铜</th><th>铝及合金</th></tr>
<tr><td rowspan="2">车、铣及镗孔</td><td>粗加工</td><td>3%～5%乳化液</td><td>（1）5%～15%乳化液
（2）5%石墨或硫化乳化液
（3）5%氯化石蜡油制乳化液</td><td>（1）10%～30%乳化液
（2）10%硫化乳化液</td><td>（1）一般不用
（2）3%～5%乳化液</td><td>一般不用</td><td>（1）一般不用
（2）中性或含有游离酸小于 4mg 的弱性乳化液</td></tr>
<tr><td>精加工</td><td colspan="2">（1）石墨化或硫化乳化液
（2）5%乳化液（高速时）
（3）10%～15%乳化液（低速时）</td><td>（1）氧化煤油
（2）煤油 75%、油酸或植物油 25%
（3）煤油 60%、松节油 20%、油酸 20%</td><td>黄铜一般不用，铸铁用煤油</td><td>7%～10%乳化液</td><td rowspan="2">（1）煤油
（2）松节油
（3）煤油与矿物油的混合物</td></tr>
<tr><td colspan="2">切断及切槽</td><td colspan="2">（1）15%～20%乳化液
（2）硫化乳化液
（3）活性矿物油
（4）硫化油</td><td>（1）氧化煤油
（2）煤油 75%、油酸或植物油 25%
（3）硫化油 85%～87%、油酸或植物油 13%～15%</td><td colspan="2">（1）7%～10%乳化液
（2）硫化乳化液</td></tr>
<tr><td colspan="2">钻孔及镗孔</td><td colspan="2">（1）7%硫化乳化液
（2）硫化切削油</td><td>（1）3%肥皂＋2%亚麻油（不锈钢钻孔）
（2）硫化切削油（不锈钢镗孔）</td><td rowspan="2">（1）一般不用
（2）煤油（用于铸铁）
（3）菜油（用于黄铜）</td><td>（1）7%～10%乳化液
（2）硫化乳化液</td><td>（1）一般不用
（2）煤油
（3）煤油与菜油的混合油</td></tr>
<tr><td colspan="2">铰孔</td><td colspan="2">（1）硫化乳化液
（2）10%～15%极压乳化液
（3）硫化油与煤油混合液（中速）</td><td>（1）10%乳化液或硫化切削油
（2）含硫（或氯、磷）切削油</td><td colspan="2">（1）2 号锭子油
（2）2 号锭子油与蓖麻油的混合物
（3）煤油和菜油的混合物</td></tr>
<tr><td colspan="2">车螺纹</td><td colspan="2">（1）硫化乳化液
（2）氧化煤油
（3）煤油 75%，油酸或植物油 25%
（4）硫化切削油
（5）变压器油 70%，氯化石蜡 30%</td><td>（1）氧化煤油
（2）硫化切削油
（3）煤油 60%，松节油 20%、油酸 20%
（4）硫化油 60%、煤油 25%、油酸 15%
（5）四氯化碳 90%，猪油或菜油 10%</td><td>（1）一般不用
（2）煤油（铸铁）
（3）菜油（黄铜）</td><td>（1）一般不用
（2）菜油</td><td>（1）硫化油 30%、煤油 15%、2 号或 3 号锭子油 55%
（2）硫化油 30%、煤油 15%、油酸 30%、2 号或 3 号锭子油 25%</td></tr>
<tr><td colspan="2">滚齿插齿</td><td colspan="3">（1）20%～25%极压乳化液
（2）含硫（或氯、磷）的切削油</td><td>（1）煤油（铸铁）
（2）菜油（黄铜）</td><td>（1）10%～15%极压乳化液
（2）含氯切削油</td><td>（1）10%～15%极压乳化液
（2）煤油</td></tr>
<tr><td colspan="2">磨削</td><td colspan="3">（1）电解水溶液
（2）3%～5%乳化液
（3）豆油＋硫黄粉</td><td colspan="2">3%～5%乳化液</td><td>磺化蓖麻油 1.5%、浓度 30%～40%的氢氧化钠，加至微碱性，煤油 9%，其余为水</td></tr>
</table>

2.1.2 多轴数控加工刀具

刀具是多轴数控加工技术的关键之一，只有好的多轴加工机床，没有适合多轴加工的刀具也不能充分发挥机床的功能。

1．数控铣削刀具的基本要求

（1）铣刀刚性要好　一是为满足提高生产效率而采用大切削用量的需要；二是为适应数控铣床加工过程中难以调整切削用量的特点。例如，当工件各处的加工余量相差悬殊时，通用铣床遇到这种情况很容易采取分层铣削方法加以解决，而因为数控铣削必须按程序规定的走刀路线前进，遇到余量大时无法像通用铣床那样“随机应变”，除非在编程时能够预先考虑到，否则铣刀必须返回原点，用改变切削面高度或加大刀具半径补偿值的方法从头开始加工，多走几刀。但这样势必造成余量少的地方经常走空刀，降低了生产效率，如刀具刚性较好就不必这么办。另外，在通用铣床上加工时，若遇到刚性不强的刀具，也比较容易从振动、手感等方面发现并及时调整切削用量来弥补，而数控铣削时则很难办到。在数控铣削中，常有因铣刀刚性较差而断刀并造成工件损伤的事例，所以解决数控铣刀的刚性问题至关重要。

（2）铣刀寿命要长　尤其是当一把铣刀加工的内容很多时，如刀具寿命不长而磨损较快，就会影响工件的表面质量与加工精度，而且会增加换刀引起的调刀与对刀次数。对刀会使工作表面留下因对刀误差而形成的接刀台阶，降低工件的表面质量。

除上述两点之外，铣刀切削刃的几何角度参数的选择及排屑性能等也非常重要，切屑粘刀形成积屑瘤在数控铣削中是十分忌讳的。总之，根据被加工工件材料的热处理状态、切削性能及加工余量，选择刚性好、寿命长的铣刀，是充分发挥数控铣床的生产效率和获得满意加工质量的前提。

2．刀具材料

刀具材料对刀具寿命、加工效率、加工质量和加工成本都有很大影响，因此必须合理选择。常用的刀具材料有以下几种：

（1）高速钢　高速钢全称高速工具钢，也称为白钢，19 世纪研制而成。高速钢是含有较多钨、钼、铬、钒等元素的高合金工具钢。具有较高的硬度（热处理硬度达 62～67HRC）和耐热性（切削温度可达 550～600℃），切削速度比碳素工具钢和合金工具钢高 1～3 倍（因此而得名），刀具寿命长 10～40 倍，甚至更多，可以加工从有色金属到高温合金的范围广泛的材料。

（2）硬质合金　硬质合金是用高耐热性和高耐磨性的金属碳化物（碳化钨、碳化铁、碳化钽、碳化铌等）与金属黏结剂（钴、镍、钼等）在高温下烧结而成的粉末冶金制品。常用的硬质合金有钨钴类（YG 类）、钨钛钴类（YT 类）和通用硬质合金（YW 类）3 类。

① 钨钴类硬质合金（YG 类）：主要由碳化钨和钴组成，抗弯强度和冲击韧度较好，不易崩刃，很适宜切削切屑呈崩碎状的铸铁等脆性材料；YG 类硬质合金的刃磨性较好，刃口可以磨得较锋利，故切削有色金属及合金的效果也较好。

② 钨钛钴硬质合金（YT 类）：主要由碳化钨、碳化钛和钴组成。由于 YT 类硬质合金的抗弯强度和冲击韧度较差，故主要用于切削切屑一般呈带状的普通碳钢及合金钢等塑性材料。

③ 钨钛钽（铌）钴类硬质合金（YW 类）：在普通硬质合金中加入了碳化钽或碳化铌，从而提高了硬质合金的韧性和耐热性，使其具有较好的综合切削性能，主要用于不锈钢、耐热钢、高锰钢的加工，也适用于普通碳钢和铸铁的加工，因此被称为通用型硬质合金。

（3）涂层刀具　涂层刀具是在韧性较好的硬质合金或高速钢刀具基体上，涂覆一薄层耐磨性高的难熔金属化合物而获得的。常用的涂层材料有碳化钛、氮化钛、氧化铝等。碳化钛的硬度比氮化钛高，抗磨损性能好，对于会产生剧烈磨损的刀具，碳化钛涂层较好。氮化钛与金属的亲和力小，润湿性能好，在容易产生黏结的条件下，氮化钛涂层较好。在高速切削产生大量热量的场合，以采用氧化铝涂层为好，因为氧化铝在高温下有良好的热稳定性能。

涂层硬质合金刀片的寿命相比硬质合金刀片至少可提高 1～3 倍，涂层高速钢刀具的寿命相比高

速钢刀具则可提高 2～10 倍。加工材料的硬度越高，则涂层刀具的使用效果越好。

（4）陶瓷材料　陶瓷材料是以氧化铝为主要成分，经压制成形后烧结而成的一种刀具材料。它的硬度可达到 91～95HRA，在 1200℃的切削温度下仍可保持 80HRA 的硬度。另外，它的化学惰性大，摩擦因数小，耐磨性好，加工钢件时的寿命为硬质合金的 10～12 倍。其最大缺点是脆性大，抗弯强度和冲击韧度小。因此，它主要用于半精加工和精加工高硬度、高强度钢和冷硬铸铁等材料。常用的陶瓷刀具材料有氧化铝陶瓷、复合氧化铝陶瓷以及复合氧化硅陶瓷等。

（5）人造金刚石　人造金刚石是通过合金触媒的作用，在高温高压下由石墨转化而成。人造金刚石具有极高的硬度（显微硬度可达 10000HV）和耐磨性，其摩擦因数小，切削刃可以做得非常锋利，因此，用人造金刚石做刀具加工工件可以获得很高的加工表面质量，多用于在高速下精细车削或镗削有色金属及非金属材料。尤其是用它切削加工硬质合金、陶瓷、高硅铝合金及耐磨塑料等高硬度、高耐磨性的材料时，具有很大的优越性。

（6）立方氮化硼（CBN）立方氮化硼是由六方氮化硼在高温高压下加入催化剂转变而成的超硬刀具材料。立方氮化硼是 20 世纪 70 年代才发展起来的一种新型刀具材料，其硬度很高（可达到 8000～9000HV），并具有很高的热稳定性（在 1370℃以上时才由立方晶体转变为六面晶体而开始软化），最大的优点是在高温（1200～1300℃）时也不易与钛族金属起反应。因此，它能胜任淬火钢、冷硬铸铁的粗车和精车，同时还能高速切削高温合金、热喷涂材料、硬质合金及其他难加工材料。

3．铣刀种类

数控加工中要选择合适的铣刀类型，刀具类型的选择直接影响加工范围和加工质量，如图 2-9 所示。

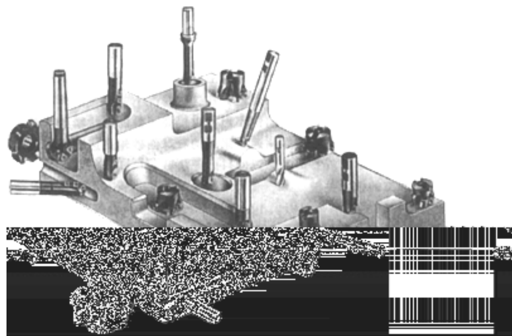


图 2-9　铣刀类型和加工范围

（1）面铣刀　面铣刀是数控铣削加工中最常用的一种铣刀，广泛用于加工平面类零件，图 2-10 所示为两种最常见的面铣刀。面铣刀除用其面刃铣削外，也常用其侧刃铣削，有时端刃、侧刃同时进行铣削，面铣刀也可称为圆柱铣刀。

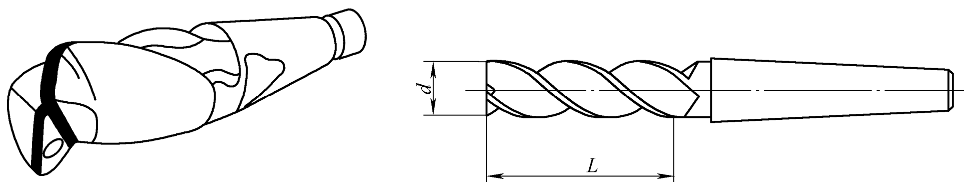


图 2-10　面铣刀

（2）成形铣刀　成形铣刀一般都是为特定的工件或加工内容专门设计制造的，适用于加工平面类零件的特定形状（如角度面、凹槽面等），也适用于特形孔或台。图 2-11 所示为几种常用的成形铣刀。

（3）球头铣刀　适用于加工空间曲面零件，有时也用于平面类零件较大的转接凹圆弧的补加工。图 2-12 所示为一种常见的球头铣刀。

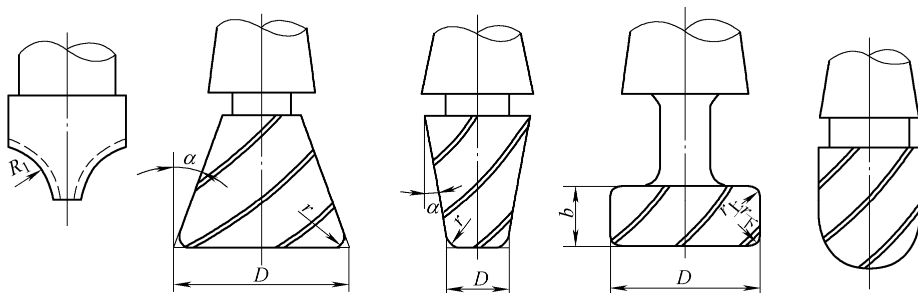


图 2-11　成形铣刀

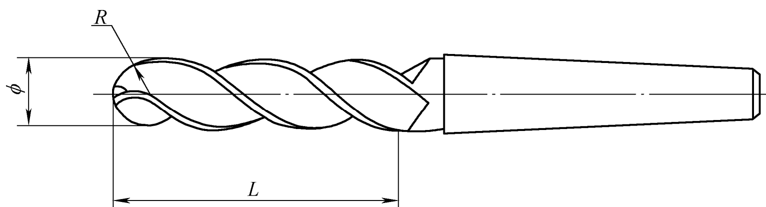


图 2-12　球头铣刀

4．铣刀选择

数控铣床上所采用的刀具要根据被加工零件的材料、几何形状、表面质量要求、热处理状态、切削性能及加工余量等，选择刚性好、寿命长的刀具。

（1）铣刀类型选择　被加工零件的几何形状是选择刀具类型的主要依据。

1）加工曲面类零件时，为了保证刀具切削刃与加工轮廓在切削点相切，避免切削刃与工件轮廓发生干涉，一般采用球头铣刀，粗加工用两刃铣刀，半精加工和精加工用四刃铣刀，切削刃数还与铣刀直径有关，如图 2-13 所示。

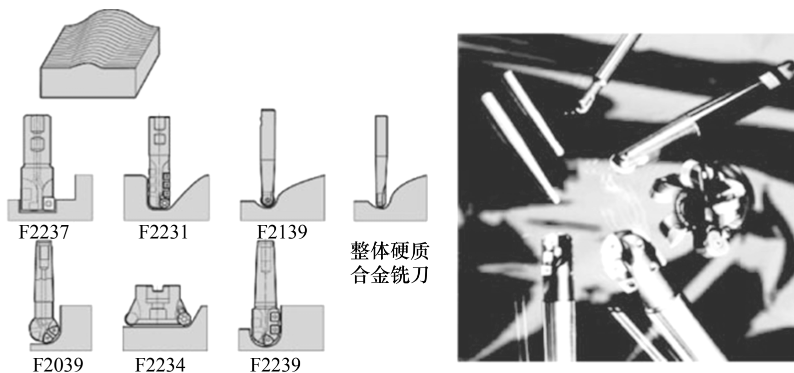


图 2-13　加工曲面类铣刀

2）铣较大平面时，为了提高生产效率和提高加工表面质量，一般采用刀片镶嵌式盘形面铣刀，如图 2-14 所示。

3）铣小平面或台阶面时一般采用通用铣刀，如图 2-15 所示。

4）铣键槽时，为了保证槽的尺寸精度，一般用两刃键槽铣刀，如图 2-16 所示。

5）孔加工时，可采用钻头、镗刀等孔加工刀具，如图 2-17 所示。

（2）铣刀结构选择　铣刀一般由刀片、定位元件、夹紧元件和刀体组成。由于刀片在刀体上有多种定位与夹紧方式，刀片定位元件的结构又有不同类型，因此铣刀的结构形式有多种，分类方法也较多。选用时，主要可根据刀片排列方式进行选择。刀片排列方式可分为平装结构和立装结构两大类。

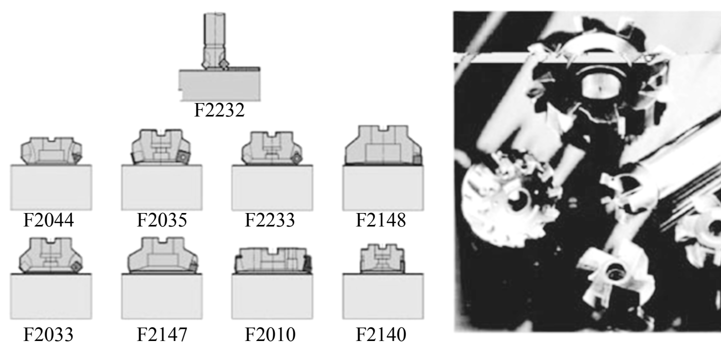


图 2-14　加工大平面铣刀

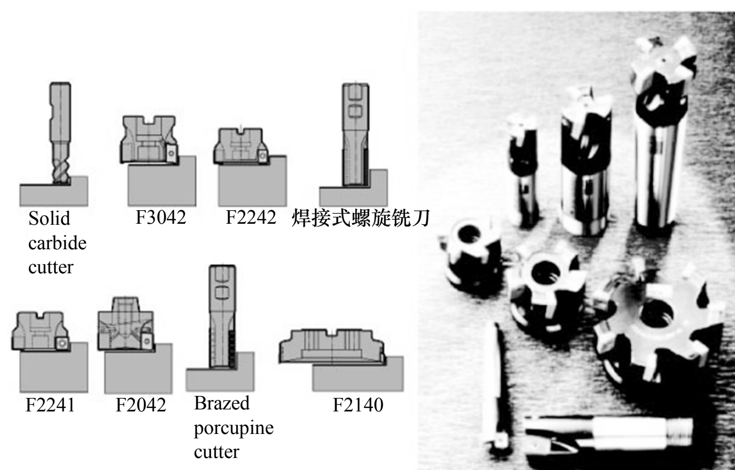


图 2-15　加工台阶面铣刀

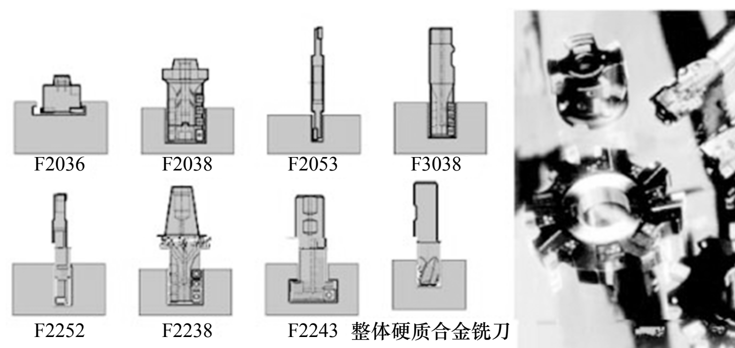


图 2-16　加工槽类铣刀

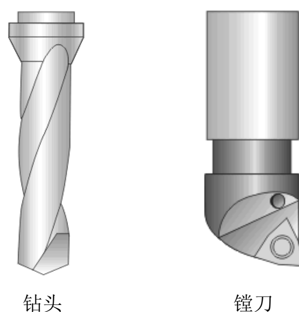


图 2-17　孔加工刀具

1）平装结构（刀片径向排列）。平装结构铣刀（图 2-18）的刀体结构工艺性好，容易加工，并可采用无孔刀片（刀片价格较低，可重磨）。由于需要夹紧元件，刀片的一部分被覆盖，容屑空间较小，且在切削力方向上的硬质合金截面较小，故平装结构的铣刀一般用于轻型和中量型的铣削加工。



图 2-18 平装结构铣刀

2）立装结构（刀片切向排列）。立装结构铣刀（图 2-19）的刀片只用一个螺钉固定在刀槽上，结构简单，转位方便。虽然刀具零件较少，但刀体的加工难度较大，一般需用五坐标加工中心进行加工。由于刀片采用切削力夹紧，夹紧力随切削力的增大而增大，因此可省去夹紧元件，增大了容屑空间。由于刀片切向安装，在切削力方向的硬质合金截面较大，因而可进行大切深、大走刀量切削，这种铣刀适用于重型和中量型的铣削加工。

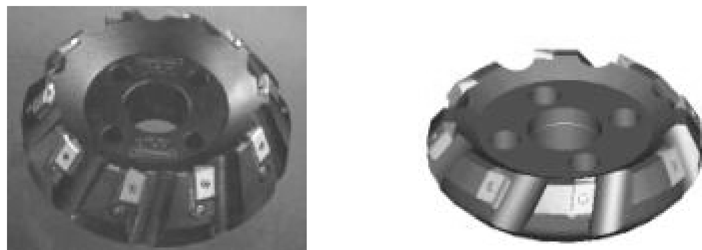


图 2-19 立装结构铣刀

（3）铣刀角度的选择 铣刀的角度有前角、后角、主偏角、副偏角、刃倾角等。为满足不同的加工需要，有多种角度组合型式。各种角度中最主要的是主偏角和前角（制造厂的产品样本中对刀具的主偏角和前角一般都有明确说明）。

1）主偏角 κ_r。主偏角为切削刃与切削平面的夹角，如图 2-20 所示。铣刀的主偏角有 90°、88°、75°、70°、60°、45°等几种。

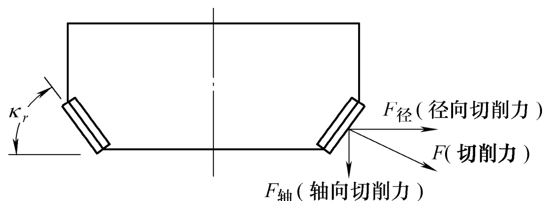


图 2-20 面铣刀的主偏角

主偏角对径向切削力和切削深度影响很大，径向切削力的大小直接影响切削功率和刀具的抗震性能。铣刀的主偏角越小，其径向切削力越小，抗震性能也越好，但切削深度也随之减小。

① 90°主偏角，在铣削带凸肩的平面时选用，一般不用于单纯的平面加工。该类刀具通用性好（既可加工台阶面，又可加工平面），在单件、小批量加工中选用。由于该类刀具的径向切削力等于切削力，进给抗力大，易振动，因而要求机床具有较大功率和足够的刚性。在加工带凸肩的平面时，也可选用 88°主偏角的铣刀，较之 90°主偏角铣刀，其切削性能有一定改善。

② 60°～75°主偏角，适用于平面铣削的粗加工。由于径向切削力明显减小（特别是 60°时），其抗震性能有较大改善，切削平稳、轻快，在平面加工中应优先选用。75°主偏角铣刀为通用型刀具，适用范围较广；60°主偏角铣刀主要用于镗铣床、加工中心上的粗铣和半精铣加工。

③ 45° 主偏角，此类铣刀的径向切削力大幅度减小，约等于轴向切削力，切削载荷分布在较长的切削刃上，具有很好的抗震性能，适用于镗铣床主轴悬伸较长的加工场合。用该类刀具加工平面时，刀片破损率低，寿命长；在加工铸铁件时，工件边缘不易产生崩刃。

2）前角 γ。铣刀的前角可分解为径向前角 γ_f（图 2-21a）和轴向前角 γ_p（图 2-21b），径向前角 γ_f 主要影响切削功率；轴向前角 γ_p 则影响切屑的形成和轴向力的方向，当 γ_p 为正值时切屑即飞离加工面。

常用的前角组合形式如下：

① 双负前角。双负前角的铣刀通常均采用方形（或长方形）无后角的刀片，刀具切削刃多（一般为 8 个），且强度高、抗冲击性好，适用于铸钢、铸铁的粗加工。由于切屑收缩比大，需要较大的切削力，因此要求机床具有较大功率和较高刚性。由于轴向前角为负值，切屑不能自动流出，当切削韧性材料时易出现积屑瘤和刀具振动。

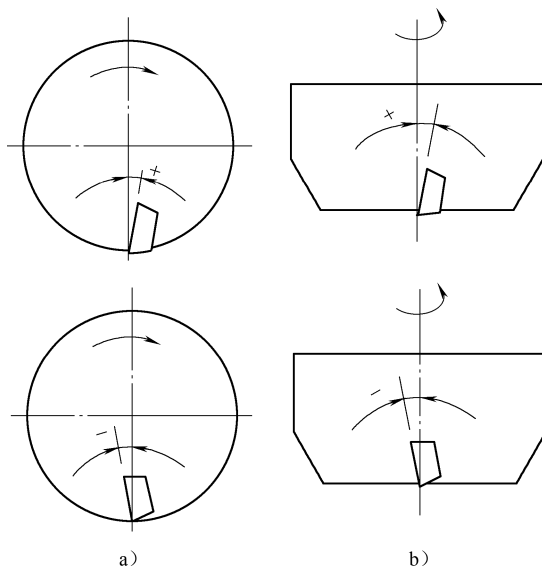


图 2-21　面铣刀的前角

a）径向前角 γ_f　b）轴向前角 γ_p

凡能采用双负前角刀具加工时建议优先选用双负前角铣刀，以便充分利用和节约刀片。当采用双正前角铣刀产生崩刃（即冲击载荷大）时，在机床允许的条件下亦应优先选用双负前角铣刀。

② 双正前角。双正前角铣刀采用带有后角的刀片，这种铣刀楔角小，具有锋利的切削刃。由于切屑收缩比小，所耗切削功率较小，切屑呈螺旋状排出，不易形成积屑瘤。这种铣刀最适用于软材料和不锈钢、耐热钢等材料的切削加工。对于刚性差（如主轴悬伸较长的镗铣床）、功率小的机床和加工焊接结构件时，也应优先选用双正前角铣刀。

③ 正负前角（轴向正前角、径向负前角）。这种铣刀综合了双正前角铣刀和双负前角铣刀的优点，轴向正前角有利于切屑的形成和排出；径向负前角可提高切削刃强度，改善抗冲击性能。此种铣刀切削平稳，排屑顺利，金属切除率高，适用于大余量铣削加工。

（4）铣刀的齿数（齿距）选择　铣刀齿数多，可提高生产效率，但受容屑空间、刀齿强度、机床功率及刚性等的限制，不同直径的铣刀的齿数均有相应规定。为满足不同用户的需要，同一直径的铣刀一般有粗齿、中齿、密齿三种类型。

1）粗齿铣刀。适用于普通机床的大余量粗加工和软材料或切削宽度较大的铣削加工；当机床功率较小时，为使切削稳定，也常选用粗齿铣刀。

2）中齿铣刀。系通用系列，使用范围广泛，具有较高的金属切除率和切削稳定性。

3）密齿铣刀。主要用于铸铁、铝合金和有色金属的大进给速度切削加工。在专业化生产（如流水线加工）中，为充分利用设备功率和满足生产节奏要求，也常选用密齿铣刀（此时多为专用

非标铣刀）。

为防止工艺系统出现共振，使切削平稳，还有一种不等分齿距铣刀。如 WALTER 公司的 NOVEX 系列铣刀均采用了不等分齿距技术。在铸钢、铸铁件的大余量粗加工中建议优先选用不等分齿距的铣刀。

（5）铣刀直径的选择　铣刀直径的选用视工件及生产批量的不同差异较大，刀具直径的选用主要取决于设备的规格和工件的加工尺寸。

1）平面铣刀。选择平面铣刀直径时主要需考虑刀具所需功率应在机床额定功率范围之内，也可将机床主轴直径作为选取的依据。平面铣刀直径可按 $D=1.5d$（d 为主轴直径）选取。在批量生产时，也可按工件切削宽度的 1.6 倍选择刀具直径。

2）立铣刀。立铣刀直径的选择主要应考虑工件加工尺寸的要求，并保证刀具所需功率在机床额定功率范围以内。如是小直径立铣刀，则应主要考虑机床的最高转数能否达到刀具的最低切削速度（60m/min）。

3）槽铣刀。槽铣刀的直径和宽度应根据加工工件尺寸选择，并保证其切削功率在机床允许的功率范围之内。

（6）铣刀的最大背吃刀量　不同系列的可转位面铣刀有不同的最大背吃刀量。最大背吃刀量越大的刀具所用刀片的尺寸越大，价格也越高，因此从节约费用、降低成本的角度考虑，选择刀具时一般应按加工的最大余量和刀具的最大背吃刀量选择合适的规格。除此以外，还需要考虑机床的额定功率和刚性应能满足刀具使用最大背吃刀量时的需要。

（7）刀片牌号的选择　合理选择刀片硬质合金牌号的主要依据是被加工材料的性能和硬质合金的性能。一般选用铣刀时，根据加工材料及加工条件，可按照刀具制造厂提供的硬质合金刀片的参考牌号来选择。

由于各厂家生产的同类用途硬质合金的成分及性能各不相同，硬质合金牌号的表示方法也不同，为方便用户，国际标准化组织规定，切削加工用硬质合金按其排屑类型和被加工材料分为三大类：P 类、M 类和 K 类。根据被加工材料及适用的加工条件，每大类中又分为若干组，用两位阿拉伯数字表示，每类中数字越大，其耐磨性越低、韧性越大。

上述三类牌号的刀片选择原则见表 2-2。

表 2-2　P 类、M 类、K 类合金刀片选择原则

牌号	P01	P05	P10	P15	P20	P25	P30	P40	P50
	M10	M20	M30	M40					
	K01	K10	K20	K30	K40				
进给量	→								
背吃刀量	→								
切削速度	←								

2.1.3　多轴数控加工机床的坐标系及设定

数控加工首先要了解控制轴和加工坐标系的相关知识，下面加以简单介绍。

1．控制轴

由数控系统控制的机床运动轴称为控制轴，如图 2-22 所示。数控机床通过各个移动件的运动产生刀具与工件之间的相对运动来实现切削加工。为表示各移动件的移动方位和方向（机床坐标轴），在 ISO 标准中统一规定采用右手笛卡儿坐标系对机床的坐标系进行命名，直线轴用 X、Y、Z 表示，用 A、B、C 分别表示绕 X、Y、Z 的旋转轴。

确定机床坐标轴，一般是先确定 Z 轴，再确定 X 轴和 Y 轴。

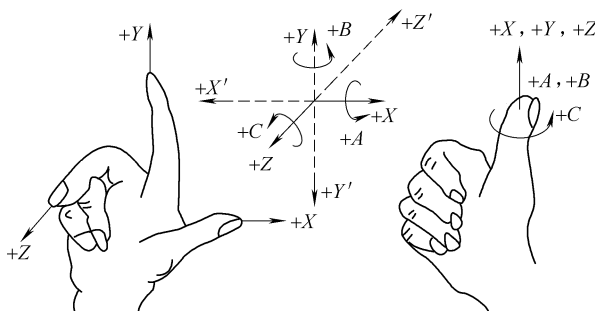


图 2-22　数控系统的控制轴

（1）确定 *Z* 轴　对于有主轴的机床，如车床、铣床等以机床主轴轴线方向作为 *Z* 轴方向。对于没有主轴的机床，如刨床，则以与装夹工件的工作台相垂直的直线作为 *Z* 轴方向。如果机床有几个主轴，则选择其中一个与机床工作台面相垂直的主轴作为主要主轴，并以它来确定 *Z* 轴方向。

（2）确定 *X* 轴　*X* 轴一般位于与工件安装面相平行的水平面内。对于机床主轴带动工件旋转的机床，如车床、磨床等，则在水平面内选定垂直于工件旋转轴线的方向为 *X* 轴，且刀具远离主轴轴线方向为 *X* 轴的正方向。对于机床主轴带动刀具旋转的机床，当主轴是水平的，如卧式铣床、卧式镗床等，则规定人面对主轴，选定主轴左侧方向为 *X* 轴正方向；当主轴是竖直时，如立式铣床、立式钻床等，则规定人面对主轴，选定主轴右侧方向为 *X* 轴正方向。对于无主轴的机床，如刨床，则选定切削方向为 *X* 轴正方向。

（3）确定 *Y* 轴　*Y* 轴方向可以根据已选定的 *Z* 轴、*X* 轴方向，按右手笛卡儿坐标系来确定。

2．坐标系

（1）机床坐标系　刀轨是用很多坐标点来表示的，数控系统驱动刀具从一个坐标点到另一个坐标点，只有坐标点与工件之间是切削位置关系，刀具进给才会切削工件，因此坐标点和工件的相对位置要用一个坐标系来描述，所以每台数控机床都有一个如图 2-23 所示的 $X_0Y_0Z_0$ 坐标系，该坐标系称为机床坐标系，机床坐标系的原点 O_0 由生产厂家出厂前设定，一般固定不变。

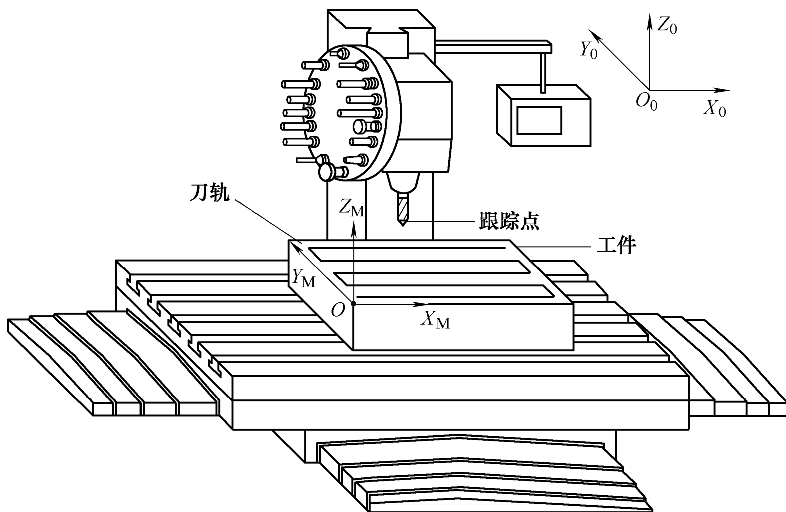


图 2-23　工件原点、编程原点和机械原点

（2）加工坐标系　实际加工中工件装夹到工作台上的位置是随机的，因此用机床坐标系无法事先确定刀轨与工件的位置关系，也就是说工件还没有就位，就无法用机床坐标系确定刀轨与工件的切削位置关系。为了解决这个问题就要设置相对坐标系，或者称为加工坐标系，有的称为工作坐标系。

编程时计算机里面已准备了工件模型，在模型上找三个相互垂直面为加工基准面，以三个加工基准面的交点为原点建立 $X_M Y_M Z_M$ 加工坐标系，编程时先用加工坐标系确定刀轨与工件模型的切削位置关系。

加工时真实的工件摆放到装夹工作台上，参照工件模型在真实工件上同样建立加工基准面和加工坐标系，使加工坐标系与机床坐标系的方向一致，如图 2-23 所示。接着通过对刀让机床知道加工坐标系原点在机床坐标系里的位置。对完刀就自然确定了刀轨在机床坐标系的位置，如刀轨在加工坐标系的位置为（x，y，z），加工坐标系原点在机床坐标系的位置为（$-X$，$-Y$，$-Z$），则刀轨在机床坐标系的位置坐标为（$-X+x$，$-Y+y$，$-Z+z$）。

设置了加工坐标系后可以撇开机床坐标系，在虚拟的计算机里先行完成编程，然后用对刀把加工坐标系的随机位置告诉机床，就间接确定了刀轨在机床坐标系的位置，从而解决了工件随机装夹无法事先确定刀轨在机床坐标系中位置的问题。

2.1.4 多轴数控机床加工切削用量

切削用量包括切削速度（主轴转速）、背吃刀量和侧吃刀量、进给速度。选择切削用量时，应该在保证零件加工精度和表面粗糙度的前提下，充分发挥机床的性能和刀具的切削性能，使切削效率最高，加工成本最低。选择切削用量时，首先选择背吃刀量和侧吃刀量，其次选择进给速度，最后确定切削速度。

1. 背吃刀量 α_p（端铣）或侧吃刀量 α_e（圆周铣）的选择

背吃刀量 α_p 为平行于铣刀轴线测量的切削层尺寸，单位为 mm。端铣时，α_p 为切削层深度，而圆周铣削时，为被加工表面的宽度。侧吃刀量 α_e 为垂直于铣刀轴线测量的切削层尺寸，单位为 mm。端铣时，α_e 为被加工表面宽度，而圆周铣削时，α_e 为切削层深度，如图 2-24 所示。

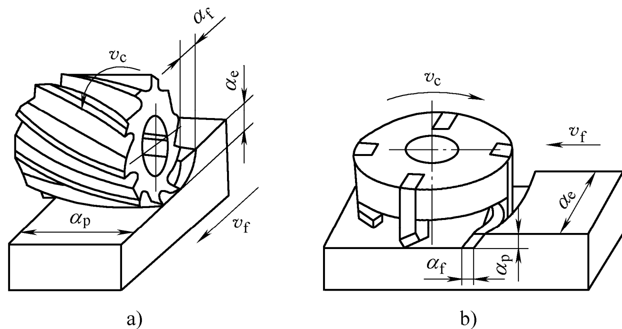


图 2-24 铣削加工的切削用量

a）圆柱铣削 b）端铣

背吃刀量或侧吃刀量的选取是由机床、工件和刀具的刚度来决定的。在满足工艺要求和工艺系统刚度许可的条件下，尽可能地选择大的背吃刀量和侧吃刀量，可以减少走刀次数，提高生产效率。

背吃刀量或侧吃刀量的选取主要由加工余量和对表面质量的要求决定。

1）当工件表面粗糙度值要求为 R_a=12.5～25μm 时，如果圆周铣削加工余量小于 5mm，端面铣削加工余量小于 6mm，粗铣一次进给就可以达到要求。但是在余量较大、工艺系统刚度较差或机床动力不足时，可分为两次进给完成。

2）当工件表面粗糙度值要求为 R_a=3.2～12.5μm 时，应分为粗铣和半精铣两步进行。粗铣时背吃刀量或侧吃刀量选取同前。粗铣后留 0.5～1.0mm 余量，在半精铣时切除。

3）当工件表面粗糙度值要求为 R_a=0.8～3.2μm 时，应分为粗铣、半精铣、精铣三步进行。半精铣时背吃刀量或侧吃刀量取 1.5～2mm；精铣时，圆周铣侧吃刀量取 0.3～0.5mm，面铣刀背吃刀量取 0.5～1mm。

2. 进给速度 V_f 的选择

铣削加工的进给量 f（mm/r）是指刀具转一周，工件与刀具沿进给运动方向的相对位移量；进给

速度 V_f（mm/min）是单位时间内工件与铣刀沿进给方向的相对位移量。进给速度与进给量的关系为 $v_f=nf$（n 为铣刀转速，单位 r/min）。

进给量与进给速度是数控铣床加工切削用量中的重要参数，根据零件的表面粗糙度、加工精度要求、刀具及工件材料等因素，参考切削用量手册选取或通过选取每齿进给量 f_z，再根据公式 $f=zf_z$（z 为铣刀齿数）计算。

每齿进给量 f_z 的选取主要依据工件材料的力学性能、刀具材料、工件表面粗糙度等因素。工件材料强度和硬度越高，f_z 越小；反之则越大。硬质合金铣刀的每齿进给量高于同类高速钢铣刀。工件表面粗糙度值要求越小，f_z 就越小。每齿进给量的确定可参考表 2-3 选取。工件刚性差或刀具强度低时，应取较小值。

表 2-3　铣刀每齿进给量参考值

工件材料	f_z/mm			
	粗铣		精铣	
	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢	0.10～0.15	0.10～0.25	0.02～0.05	0.10～0.15
铸铁	0.12～0.20	0.15～0.30		

3．**切削速度 v_c 的选择**

铣削的切削速度计算公式为

$$v_c = \frac{C_V d^q}{T^m f_z^{y_V} a_p^{x_V} a_e^{p_V} z^{x_V} 60^{1-m}} K_V \tag{2-1}$$

铣削的切削速度 v_c 与刀具寿命 T、每齿进给量 f_z、背吃刀量 a_p、侧吃刀量 a_e 以及铣刀齿数 z 成反比，而与铣刀直径成正比。其原因是当 f_z、a_p、a_e 和 z 增大时，切削刃负荷增加，而且同时工作的齿数也增多，使切削热增加，刀具磨损加快，从而限制了切削速度的提高。为提高刀具寿命允许使用较低的切削速度。但是加大铣刀直径可改善散热条件，提高切削速度。

背吃刀量和进给速度确定后，可以根据机械切削手册查出切削速度 v_c 的具体值，也可以根据表 2-4 中数据简单选取。通常，工件进行粗加工时选择较低的切削速度；精加工时选择较高的切削速度。

表 2-4　铣削加工的切削速度参考值

工件材料	硬度 HBS	v_c /（mm / min）	
		高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢	＜225	18～42	66～150
	225～325	12～36	54～120
	325～425	6～21	36～75
铸铁	＜190	21～36	66～150
	190～260	9～18	45～90
	260～320	4.5～10	21～30

切削速度确定后，可以计算出主轴转速 n，计算公式为

$$n = 1000v_c/(\pi D) \tag{2-2}$$

式中　n——主轴转速（r/min）；

v_c——切削速度（m/min）；

D——工件直径或刀具直径（mm）。

4．**球头铣刀的切削厚度**

由于球头铣刀实际参与切削部分的直径和加工方式有关，在选择切削用量时必须考虑其有效直径

和有效速度，如图 2-25 所示。

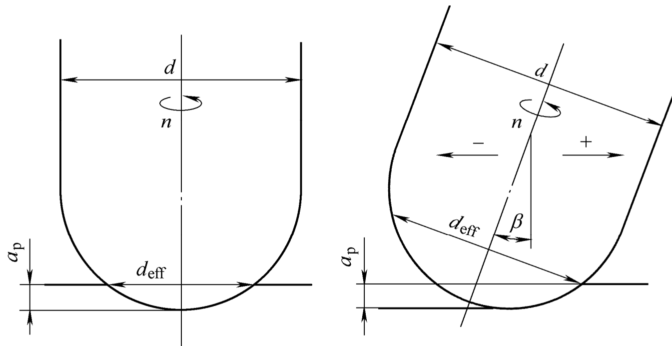


图 2-25　球头铣刀的有效直径和有效速度

由于球头铣刀实际参与切削部分的直径和加工方式有关，在选择切削用量时必须考虑其有效直径和有效线速度。球头铣刀的有效直径计算公式为

$$d_{\mathrm{eff}}=2\sqrt{Da_{\mathrm{p}}-a_{\mathrm{p}}^{2}} \qquad \beta=0 \tag{2-3}$$

$$d_{\mathrm{eff}}=D\sin[\beta\pm\arccos(\frac{D-2a_{\mathrm{p}}}{D})] \qquad \beta\neq0 \tag{2-4}$$

式中　β——刀具轴线方向与加工表面法向之间的夹角。

铣刀实际参与切削部分的最大线速度定义为有效线速度，球头铣刀的有效线速度为

$$v_{\mathrm{eff}}=\frac{2\pi n}{1000}\sqrt{Da_{\mathrm{p}}-a_{\mathrm{p}}^{2}} \qquad \beta=0 \tag{2-5}$$

$$v_{\mathrm{eff}}=\frac{\pi nD}{1000}\sin[\beta\pm\arccos(\frac{D-2a_{\mathrm{p}}}{D})] \qquad \beta\neq0 \tag{2-6}$$

因此，计算刀具表面切削速度时必须使用刀具有效切削直径，而不是公称直径。有效切削直径可在表 2-5 中查到。表中横向第一行为公称直径，纵向左侧第一列为切削深度值。计算表面切削速度时应使用相应切削深度值下的有效切削直径。若切削深度是变化的，计算时应取最大的切削深度值。计算表面切削速度时应使用相应切削深度值下的有效直径。

球头刀具的切削厚度由径向切削厚度决定，它与每齿进给量 f_z 值有关。

切削深度太小会加剧刀片摩擦，使刀片过早磨损，同时也会引起振动。球头铣刀在计算合理切削厚度及相应进给速度时要考虑径向切削厚度系数 RCTF，见表 2-5。

表 2-5　球头铣刀有效切削直径及径向切削厚度系数

切削深度/mm	刀具公称直径/mm													
	10		12		14		20		25		32		≥38	
	直径（相应切削深度下的有效切削直径）/RCTF（径向切削厚度系数）													
	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF	直径/mm	RCTF
1.575	7.112	0.7	8.382	0.7	9.652	0.6	10.414	0.5	12.192	0.5	13.716	0.4	15.240	0.4
3.175	8.890	0.9	10.922	0.9	12.700	0.8	14.224	0.7	16.764	0.6	19.050	0.5	21.082	0.4
4.750	9.652	1.0	12.192	0.97	14.478	0.9	16.510	0.9	19.812	0.8	22.606	0.7	25.146	0.6
6.350			12.700	1.0	15.240	0.98	18.034	0.95	22.098	0.9	25.400	0.8	28.448	0.7
					15.748	1.0	18.796	1.0	23.622	0.95	27.432	0.9	30.988	0.7
							19.050	1.0	24.638	0.95	28.956	0.95	33.020	0.8
									25.146	1.0	30.226	0.95	34.544	0.8
									25.400	1.0	30.998	0.95	35.814	0.9
											31.496	1.0	36.830	0.9
											31.750	1.0	37.592	0.95
													37.846	0.95
													38.100	1.0

例如，所需切削厚度为 0.12mm，刀具直径为 50mm，由表 2−5 查得切削深度值 3.175mm 时对应的 RCTF 值为 0.4。故每齿进给量为

$$f_z = \frac{0.12}{0.4}\text{mm} = 0.3\text{mm}$$

2.1.5　多轴数控加工步骤及常用工艺路线

不论是四轴编程还是五轴编程，相对两轴轮廓编程和三轴曲面编程都比较复杂，复杂的原因在于编程要考虑零件的旋转或者是刀轴的变化。

多轴加工编程和加工顺序是：CAD/CAM 建立零件模型→生成刀具轨迹→装夹零件→找正→建立工件坐标系→根据机床运动关系、刀具长度、机床的结构尺寸、工装夹具的尺寸以及工件的安装位置等设置后处理的参数→生成 NC 代码→加工。

在编程时要考虑粗、精加工工艺安排。

（1）粗加工的工艺安排原则

① 尽可能用平面加工或三轴加工去除较大余量，这样做的目的是切削效率高，可预见性强。

② 分层加工，留够精加工余量。分层加工使零件的内应力均衡，防止变形过大。

③ 遇到难加工材料或者加工区域窄小，刀具长径比较大的情况下，粗加工可采用插铣方式。

（2）半精加工的工艺安排原则

① 给精加工留下均匀的较小余量。

② 保证精加工时零件具有足够刚性。

（3）精加工的工艺安排原则

① 分层、分区域分散精加工。顺序最好是从浅到深，从上到下。对于叶片、叶轮类零件，最好是从叶盆、叶背开始精加工，再到轮毂精加工。

② 模具零件、叶片、叶轮类零件的加工顺序应遵循曲面→清根→曲面反复进行。切忌两相邻曲面的余量相差过大，防止在加工大余量时，刀具向相邻的而余量又小的曲面方向让刀，从而造成相邻曲面过切。

③ 尽可能采用高速加工。高速加工不仅可以提高精加工效率，而且可以改善和提高工件精度及表面质量，同时有利于使用小直径刀具和薄壁零件的加工。

1．加工顺序的安排

一般数控铣削采用工序集中的方式，这时工步的顺序就是工序分散时的工序顺序，可以按一般切削加工顺序安排的原则进行。通常按照从简单到复杂的原则，先加工平面、沟槽、孔，再加工内腔、外形，最后加工曲面；先加工精度要求低的表面，再加工精度要求高的部位等。在安排数控铣削加工工序的顺序时还应注意以下问题：

1）上道工序的加工不能影响下道工序的定位与夹紧，中间穿插有通用机床加工工序的也要综合考虑。

2）一般先进行内形内腔加工工序，后进行外形加工工序。

3）以相同定位、夹紧方式或同一把刀具加工的工序，最好连续进行，以减少重复定位次数与换刀次数。

4）在同一次安装中进行的多道工序，应先安排对工件刚性破坏较小的工序。

总之，顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况，以及定位安装与夹紧的需要综合考虑。

2．进给路线的确定

合理地选择进给路线不但可以提高切削效率，还可以提高零件的表面精度。对于数控铣床，还应重点考虑以下几个方面：能保证零件的加工精度和表面粗糙度要求；使走刀路线最短，既可简化程序段，又可减少刀具空行程时间，提高加工效率；应使数值计算简单，程序段数量少，以减少编程工作量。

（1）铣削平面类零件的进给路线　铣削平面类零件外轮廓时，一般采用立铣刀侧刃进行切削。为减少接刀痕迹，保证零件表面质量，对刀具的切入和切出程序需要精心设计。

铣削外表面轮廓时，如图 2-26 所示，铣刀的切入和切出点应沿零件轮廓曲线的延长线上切入和切出零件表面，而不应沿法向直接切入零件，以避免加工表面产生划痕，保证零件轮廓光滑。

铣削封闭的内轮廓表面时，若内轮廓曲线允许外延，则应沿切线方向切入、切出。若内轮廓曲线不允许外延（图 2-27），则刀具只能沿内轮廓曲线的法向切入、切出，并将其切入、切出点选在零件轮廓两几何元素的交点处。当内部几何元素相切无交点时（图 2-28），为防止刀补取消时在轮廓拐角处留下凹口（图 2-28a），刀具切入、切出点应远离拐角（图 2-28b）。

图 2-29 所示为圆弧插补方式铣削外整圆时的走刀路线。当整圆加工完毕时，不要在切点 2 处退刀，而应让刀具沿切线方向多运动一段距离，以免取消刀补时，刀具与工件表面相碰，造成工件报废。铣削内圆弧时也要遵循从切向切入的原则，最好安排从圆弧过渡到圆弧的加工路线（图 2-30），这样可以提高内孔表面的加工精度和加工质量。

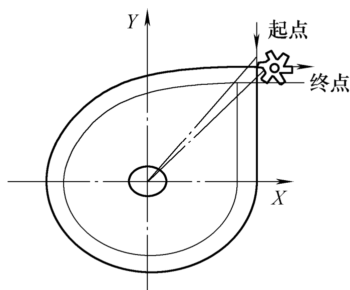


图 2-26　刀具切入和切出时的外延

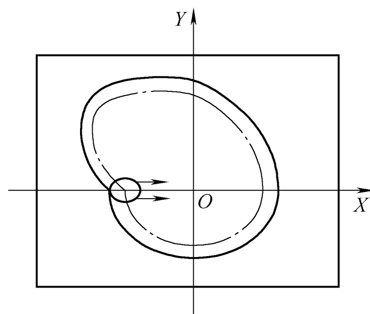
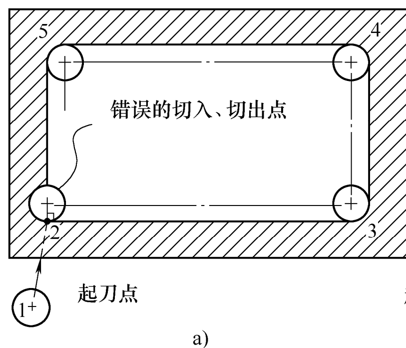


图 2-27　内轮廓加工刀具的切入和切出



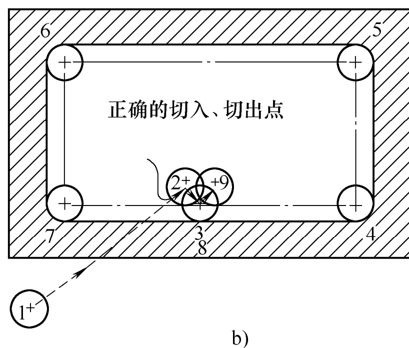


图 2-28　无交点内轮廓加工刀具的切入和切出

a）错误　b）正确

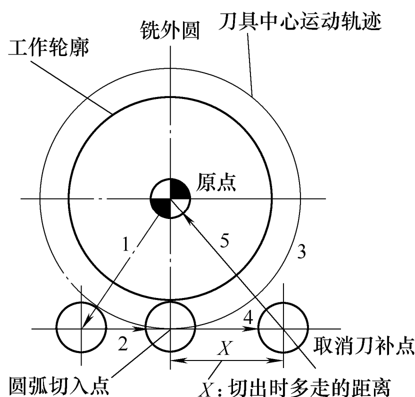


图 2-29　外圆铣削走刀路线

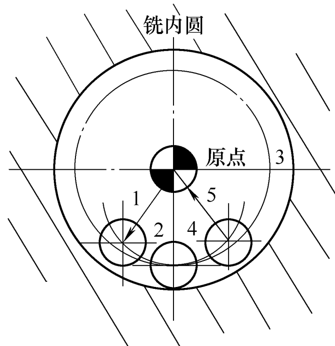


图 2-30　内圆铣削走刀路线

（2）铣削曲面类零件的加工路线　在机械加工中，常会遇到各种曲面类零件，如模具、叶片螺旋桨等。由于这类零件型面复杂，需用多坐标联动加工，因此多采用数控铣床、加工中心进行加工。

1）直纹面加工。对于边界敞开的直纹曲面，加工时常采用球头铣刀进行“行切法”加工，即刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的，行间距按零件加工精度要求确定，如图 2-31 所示的发动机大叶片，可采用两种加工路线。采用图 2-31a 所示的加工方案时，每次沿直线加工，刀位点计算简单，程序少，加工过程符合直纹面的形成，可以准确保证母线的直线度。当采用图 2-31b 所示的加工方案时，符合这类零件数据给出情况，便于加工后检验，叶形的准确度高，但程序较多。由于曲面零件的边界是敞开的，没有其他表面限制，所以曲面边界可以延伸，球头铣刀应由边界外开始加工。

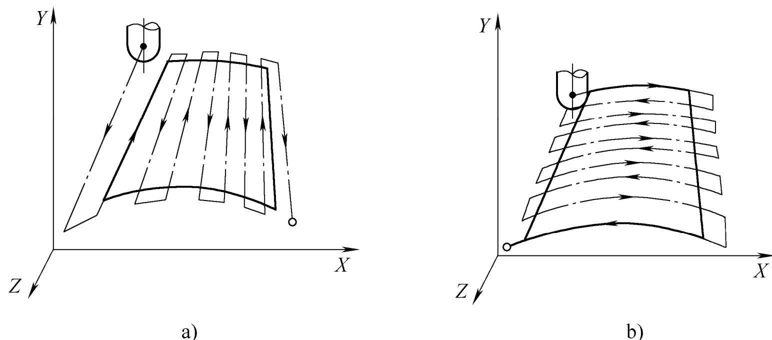


图 2-31　直纹曲面的加工路线

a）沿直线进给　b）沿曲线进给

2）曲面轮廓加工。立体曲面加工应根据曲面形状、刀具形状以及精度要求采用不同的铣削方法。

如图 2-32 所示工件，侧面为直纹扭曲面。若在三坐标联动的机床上用圆头铣刀按行切法加工，不但生产效率低，而且表面粗糙度值大。为此，采用圆柱铣刀周边切削，并用四坐标铣床加工，即除三个直角坐标运动外，为保证刀具与工件型面在全长始终贴合，刀具还应绕 O_1（或 O_2）做摆角运动。由于摆角运动使直角坐标（图中 *Y* 轴）需做附加运动，所以其编程计算较为复杂。

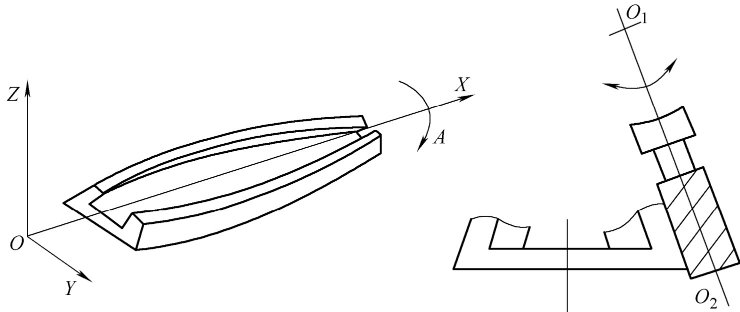


图 2-32　四轴半坐标加工

螺旋桨是五坐标加工的典型零件之一，其叶片的形状和加工原理如图 2-33 所示。在半径为 R_1 的圆柱面上与叶面的交线 *AB* 为螺旋线的一部分，螺旋升角为ψ_i，叶片的径向叶形线（轴向割线）*EF* 的倾角α为后倾角。螺旋线 *AB* 用极坐标加工方法，并且以折线段逼近。逼近段 *mn* 是由 *C* 坐标旋转$\Delta\theta$与 *Z* 坐标位移ΔZ 的合成。当 *AB* 加工完成后，刀具径向位移ΔX（ΔX 是指 *A* 点到 *B* 点加工刀具沿 *X* 轴方向的位移），再加工相邻的另一条叶形线，依次加工即可形成整个叶面。由于叶面的曲率半径较大，所以常采用面铣刀加工，以提高生产率并简化程序，因此为保证铣刀端面始终与曲面贴合，铣刀还应做由坐标 *A* 和坐标 *B* 形成的摆角运动。在摆角的同时，还应做直角坐标的附加运动，以保证铣刀端面始终位于编程值所规定的位置上，即在切削成形点，铣刀端平面与被切曲面相切，铣刀轴心线与曲面该点的法线一致，所以需要五坐标加工。这种加工的编程计算相当复杂，一般采用自动编程。

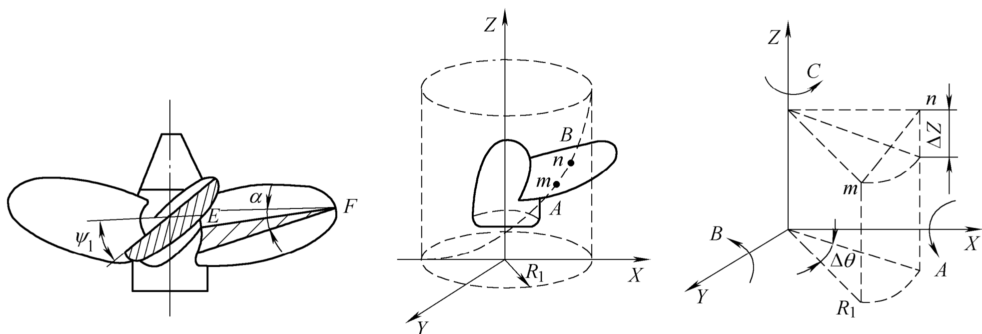


图 2-33　螺旋桨是五坐标加工

2.2　多轴数控机床基本操作

HEIDENHAIN TNC 是面向车间应用的轮廓加工数控系统，操作人员可在机床上采用易用的对话格式编程语言编写常规加工程序。它适用于铣床、钻床、镗床和加工中心。iTNC 530 系统最多可控制 12 个轴。可由程序来定位主轴角度。系统自带的硬盘提供了足够存储空间存储大量程序，包括脱机状态编写的程序。为方便快速计算，还可以随时调用内置的计算器。键盘和屏幕显示的布局清晰合理，可以快速方便地使用所有功能。

2.2.1　多轴数控机床操作面板的组成和基本操作

操作面板是操作人员与数控机床进行交互的工具，一方面操作人员可以通过它对数控机床进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改；另一方面，操作人员也可以通过它了解或查询数控机床的运行状态。HEIDEHAIN iTNC530 系统操作面板如图 2-34 所示。

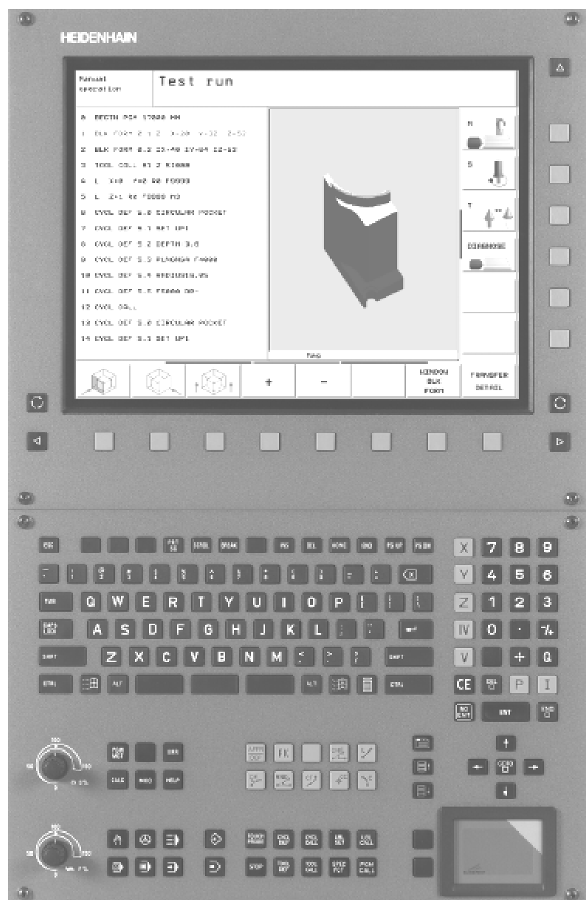


图 2-34　HEIDEHAIN iTNC530 系统操作面板

下面简单介绍 HEIDEHAIN iTNC530 系统操作面板的内容。

1．显示屏

HEIDENHAIN iTNC 530 系统配 BF 150（TFT）彩色纯平显示器，如图 2-35 所示。

① 标题区：启动 TNC 后，屏幕标题区将显示所选定的操作模式：加工模式显示在左侧，编程模式显示在右侧。当前所用的模式显示在大框中，弹出的对话框和 TNC 信息（除非 TNC 将整个显示屏都用于图形显示）也显示在这里。

② 软键区：在屏幕底部有一行提供其他功能的软键，可通过按其正下方的按键选择这些功能。软键正上方的线条用来显示可被右侧和左侧黑色箭头按键调用的软键行的数量。当前软键行由高亮条显示。

③ 软键选择键。

④ 软键行切换键。

⑤ 设置屏幕布局。

⑥ 加工和编程模式切换键。

⑦ 预留给机床制造商的软键选择键。

⑧ 预留给机床制造商的软键行切换键。

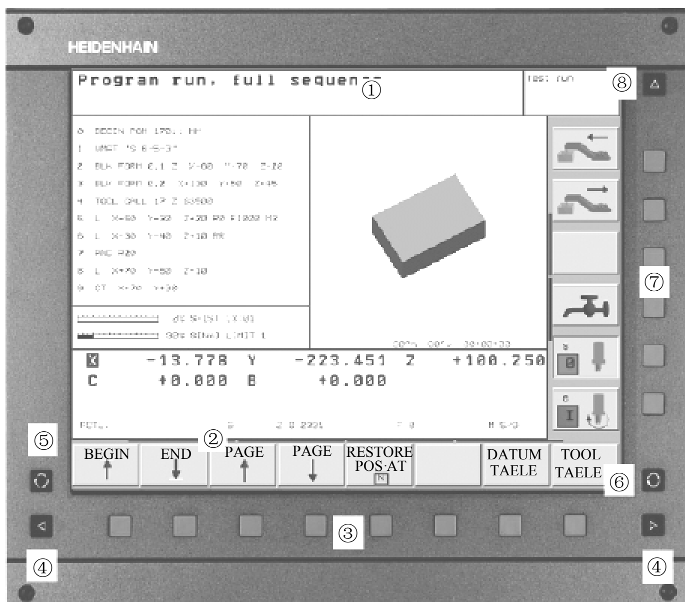


图 2-35　可视显示屏

2．操作面板

TNC 系统配 TE 530 操作面板，如图 2-36 所示为 TE 530 键盘部分的控制钮和显示屏。

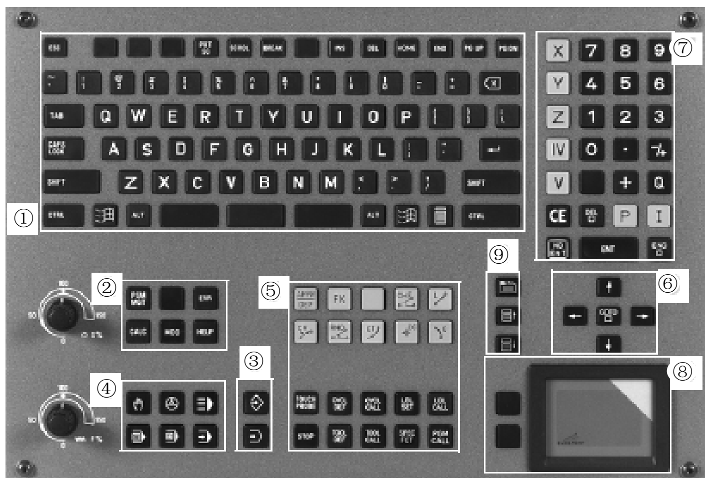


图 2-36　HEIDEHAIN iTNC530 面板

HEIDEHAIN iTNC530 面板主要由以下几部分构成：

① 字母键盘：用于输入文本和文件名以及 ISO 编程。双处理器版本还有用于操作 Windows 的其他按键。

② 文件管理器、计算器、MOD 功能、“HELP”（帮助）功能。

③ 编程模式。

④ 机床操作模式。

⑤ 编程对话的初始化。

⑥ 箭头键和 GOTO 跳转命令。

⑦ 数字输入和轴选择。
⑧ 鼠标触摸板：仅适用于双处理器版本，软键和 smarT.NC。
⑨ smarT.NC 浏览键。
HEIDEHAIN iTNC530 系统控制面板软键功能说明见表 2-6。

表 2-6　HEIDEHAIN iTNC530 系统控制面板软键功能说明

软　键	功能说明	软　键	功能说明
	切换屏幕布局		切换加工模式和编程模式
	在显示屏中选择功能的软键		软键行切换键
	手动操作模式	Q W E R T Y G F S T M	输入字母和符号的键盘
	电子手轮		smarT.NC
	MDI 模式		程序运行—单程序段
	程序运行—全自动		程序编辑
	测试运行	PGM MGT	选择或删除程序及文件外部数据传输
PGM CALL	定义程序调用，选择原点和点表	MOD	选择 MOD 功能
HELP	显示NC 出错信息的帮助信息	ERR	显示当前全部出错信息
CALC	计算器		移动高亮条
GOTO	直接移至程序段、循环和参数功能上		进给速率倍率调节旋钮
	主轴转速倍率调节旋钮	APPR DEP	接近/离开轮廓
FK	FK 自由轮廓编程		直线
CC	极坐标圆心/ 极点	C	已知圆心圆
CR	已知半径圆	CT	相切圆弧
CHF RND	倒角/ 倒圆角	TOOL DEF　TOOL CALL	输入和调用刀具长度和半径
CYCL DEF　CYCL CALL	定义和调用循环	LBL SET　LBL CALL	输入和调用子程序和程序块的标记
STOP	在程序中中断程序运行	TOUCH PROBE	定义测头循环
· -/+	小数点 / 正负号	X … V	选择坐标轴或将其输入程序中
P I	极坐标输入/增量尺寸	0 … 9	编号
Q	Q 参数编程/Q 参数状态		保存当前位置或计算器值
NO ENT	忽略对话提问、删除字	ENT	确认输入信息并继续对话

（续）

软　　键	功 能 说 明	软　　键	功 能 说 明
END □	结束程序段，退出输入	CE	清除数字输入或清除 TNC 出错信息
DEL □	中断对话，删除程序块	SPEC FCT	显示特殊功能
	smarT.NC：选择窗体中下个选项卡		smarT.NC：选择上个/下个窗体中的第 1 个输入字段

3．HEIDENHAIN 3-D 测头和 HR 电子手轮

（1）HEIDENHAIN 3-D 测头　用 HEIDENHAIN 3-D 测头可实现如下功能：自动对正工件、快速和精确地设置工件原点、在程序运行期间测量工件、测量和检查刀具等。测头采用红外线将触发信号传给控制系统，如图 2-37 所示。HEIDENHAIN 触发式测头内有一个耐磨的光学开关，只要探针一偏离其自由位置就将发出电信号。将该信号传给 TNC 后，TNC 系统将保存探针的当前位置，并将其用作实际值。

（2）HR 电子手轮　HR 电子手轮可以让操作人员方便和精确地移动机床轴，如图 2-38 所示。



图 2-37　HEIDENHAIN 3-D 测头



图 2-38　HR 电子手轮

4．操作模式

（1）“手动操作”和“电子手轮”　“手动操作”模式用于设置机床，如图 2-39 所示。在“手动操作”模式下，可以用手动或增量运动来定位机床轴、设置工件原点以及倾斜加工面。在“电子手轮”操作模式下，可用 HR 电子手轮移动机床轴。

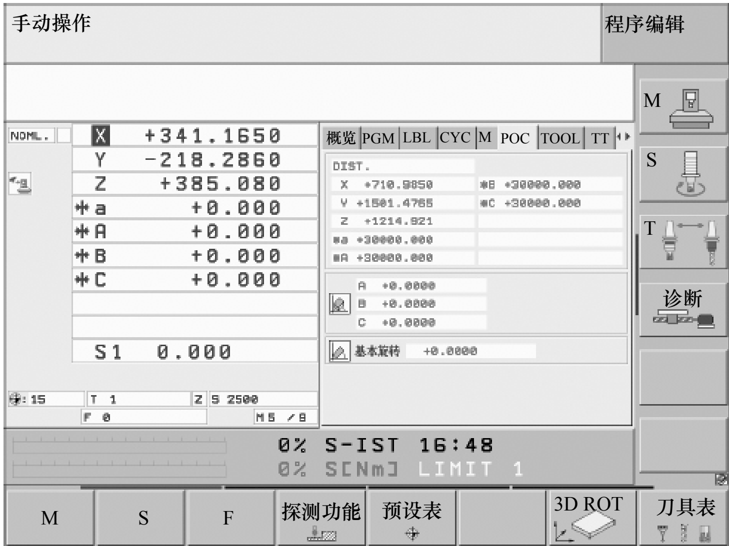


图 2-39　手动操作

（2）手动数据输入（MDI）定位 “手动数据输入定位”操作模式用于对简单运动的编程，如铣端面或预定位，如图 2-40 所示。



图 2-40 手动数据输入定位

（3）“程序编辑”模式 用“程序编辑”操作模式可编写零件程序，如图 2-41 所示。FK 自由编程功能、各种循环加工功能和 Q 参数功能让用户可以编写程序和添加必要信息。如果需要的话，编程图形或 3-D 线图（此为 FCL 2 功能）功能可以显示编程的运动路径。

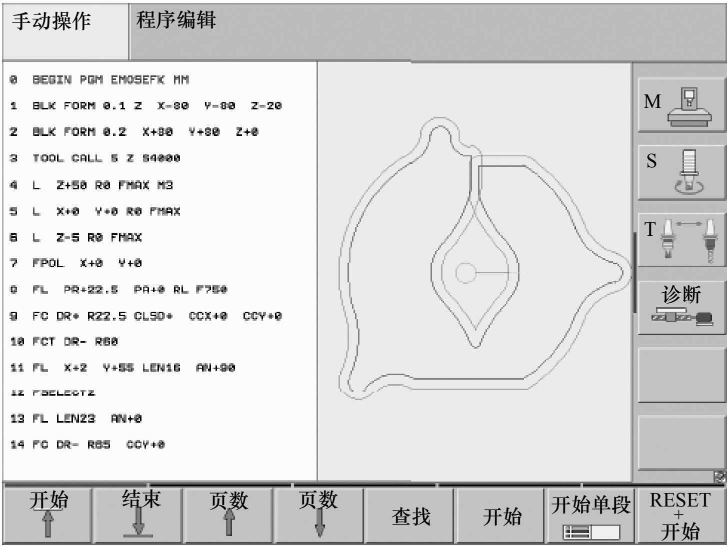


图 2-41 程序编辑

（4）试运行 在“试运行”操作模式下，TNC 将检查程序和程序块中是否有错误，例如几何尺寸是否相符、程序中是否缺少数据及数据有错误、或是否不符合加工区要求，如图 2-42 所示。

（5）“运行程序，自动方式”和“运行程序，单段方式” 在“运行程序，自动方式”操作模式下，TNC 连续执行零件程序直到程序结束或手动暂停或有指令暂停，如图 2-43 所示。程序中断运行后，可恢复程序的继续执行。

在“程序运行，单段方式”操作模式下，通过按机床的 START（开始）按钮来依次执行各程序段。

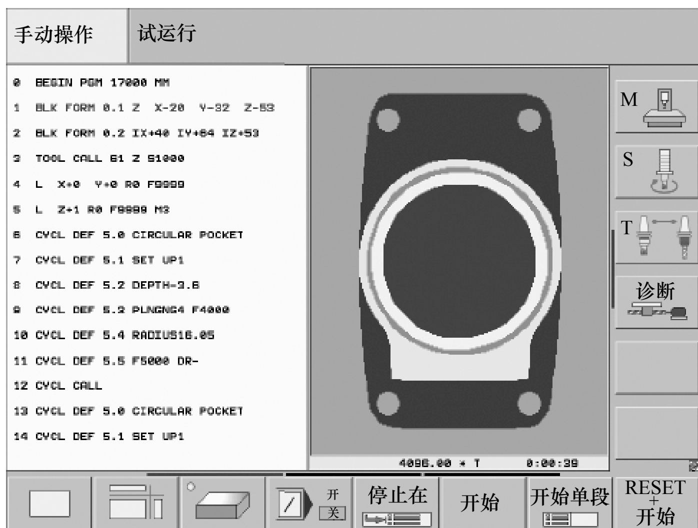


图 2-42　试运行

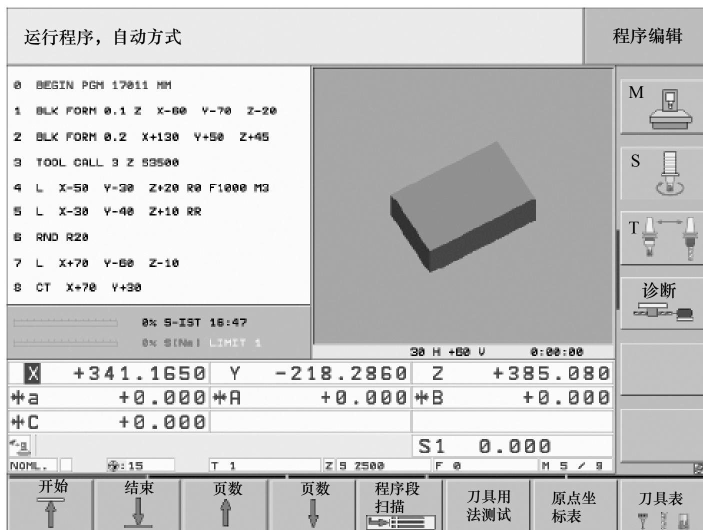


图 2-43　自动方式

2.2.2　机床的手动操作

1．开机和关机

（1）开机　开启控制系统和机床电源，TNC 将自动进行如下初始化：

① 内存自检，自动检查 TNC 内存。

② 电源中断信息，TNC 显示出先前电源曾中断的信息，可清除该信息。

③ 转换 PLC 程序，自动编译 TNC 的 PLC 程序。

（2）关机　为防止关机时发生数据丢失，需要用如下方法关闭操作系统：

① 选择“手动操作”模式。

② 选择关机功能，用 YES（是）软键再次确认。

③ 当 TNC 的弹出窗口显示“Now you can switch offthe TNC”（现在可以关闭 TNC 系统了）字样时，切断 TNC 电源。

2．移动机床轴

（1）用机床轴方向键移动

① 按键，选择“手动操作”模式。

② 按住机床轴方向键直到轴移动到所要的位置为止，或者连续移动轴：按住机床轴方向键，然后按下机床的 START（启动）按钮。

③ 要停止机床轴移动，按下机床 STOP（停止）按钮。

（2）增量式点动定位　采用增量式点动定位，可按预定的距离移动机床轴。

① 选择“手动操作”或“电子手轮”操作模式。

② 按键，切换行。

③ 选择增量式点动定位：将“INCREMENT”（增量）软键置于 ON （开）。

④ 输入以毫米为单位的点动增量，例如 8mm，如图 2-44 所示。

⑤ 根据具体需要决定按下机床轴方向键的次数。

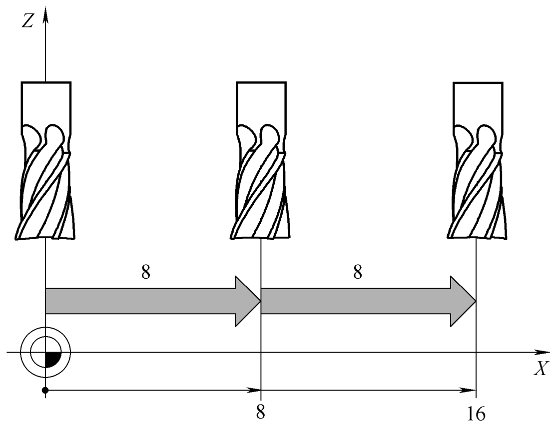


图 2-44　增量图例

（注意）最大允许进给量为 10mm。

3．主轴转速 S、进给速率 F 和辅助功能 M

在“手动操作”和“电子手轮”操作模式下，可用软键输入主轴转速 S、进给速率 F 和辅助功能 M，三者参数输入方式相同，下面以主轴转速为例说明。

① 按 S 软键输入主轴转速。

② 输入所需主轴转速并用机床的 START（启动）按钮确认。

（注意）输入进给速率 F 后，必须用 ENT 键确认，不能用机床的 START（启动）按钮确认。

2.2.3　程序文件的调用与编辑

1．文件管理基础知识

在 TNC 系统上编写零件程序时，必须先输入文件名，TNC 将用该文件名将程序保存在硬盘上。TNC 还可以将文本和表保存为文件。HEIDEHAIN 文件类型见表 2-7。

表 2-7　HEIDEHAIN 文件类型

TNC 中的文件	类　型	TNC 中的文件	类　型
HEIDEHAIN 格式	.H	ISO 格式	.I
主程序单元	.HU	轮廓描述	.HC
加工位置点表	.HP	刀盘表	.TCH
刀具表	.T	托盘表	.P
原点表	.D	点表	.PNT
预设表	.PR	切削数据表	.CDT
切削材料表、工件材料表	.TAB	关联数据（如结构项等）	.DEP
文本文件	.A	帮助文件	.CHM
文本文件	.DXF		

将程序、文本和表保存为文件时，TNC 将给文件名添加扩展名并用点号分隔。扩展文件名代表文件类型，如图 2-45 所示。

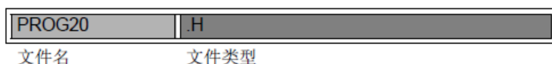


图 2-45　文件名和文件类型

文件名长度不能超过 25 个字符，否则 TNC 无法显示完整文件名。文件名中不允许使用“; * \ / “ ? < > .”字符。

2．使用文件管理器

TNC 具有专门的文件管理器，用它可以方便地查找和管理文件。可以用文件管理器调用、复制、重命名和删除文件。TNC 管理文件的数量几乎是无限的，至少为 25 GB（双处理器版为 13GB）。

为便于查找文件，建议将硬盘分成不同目录。目录可被进一步细分为子目录，可用-/+键或 ENT 键显示或隐藏子目录。路径名和文件名的最大长度为 256 个字符。路径是指保存文件的驱动器及其各级目录和子目录的位置。路径名间用反斜线“\”分隔。

例如：在驱动器 TNC：\ 上创建子目录 AUFTR1。然后在目录 AUFTR1 中创建子目录 NCPROG，并将零件程序 PROG1.H 复制到这个子目录下，如图 2-46 所示。这样零件程序的路径为：TNC：\AUFTR1\NCPROG\PROG1.H。

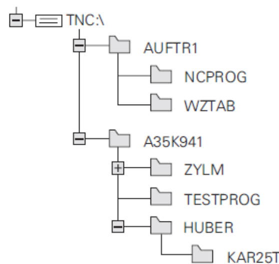


图 2-46　HEIDEHAIN 目录结构

（1）调用文件管理器　按下 PGM MGT 键，TNC 显示文件管理器对话框，如图 2-47 所示。

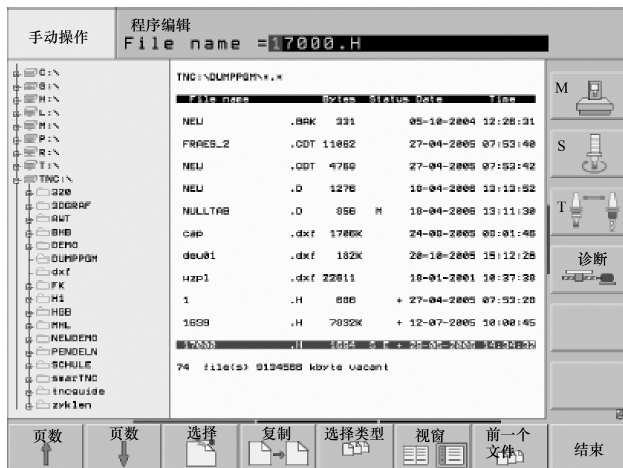


图 2-47　文件管理器对话框

左侧窄窗口用于显示可用的驱动器和目录。驱动器代表用于保存或传输数据的设备。驱动之一是 TNC 上的硬盘。其他驱动器包括所用的接口（RS232、RS422、以太网），例如用于连接个人计算机。目录左边标记有文件夹符号，右边为目录名。数控系统将子目录显示在父目录的右下部。文件夹符号

前面有+ 号框的目录表示它还有子目录，可用−/+键或 ENT 键显示或隐藏这些子目录。

右侧宽窗口中显示了选定目录中的全部文件，同时还显示每个文件的附加信息，见表 2−8。

表 2−8 文件管理器右侧窗口信息

显　示	含　义
文件名	不超过 16 个字符的文件名和文件类型
字节	以字节为单位的文件大小
E	“程序编辑”操作模式下所选择的程序
S	“测试运行”操作模式下所选择的程序
M	“程序运行”模式下所选择的程序
P	文件被写保护禁止被编辑或删除
日期	文件最后修改日期
时间	文件最后修改时间

（2）选择驱动器、目录和文件

① 按下 PGM MGT 键，调用文件管理器。

② 用箭头键或软键，将高亮区移至屏幕中的所需位置。

：在窗口中由左向右移动高亮区，也可以由右向左。

：在窗口中上下移动高亮区。

：在一个窗口中将高亮区移至上一页或下一页。

③ 选择驱动器：将高亮区移至左侧窗口中所需的驱动器，要确定选择驱动器，按下 SELECT（选择）软键，或者按下 ENT 键。

④ 选择目录：将高亮区移至左侧窗口中所需的目录，右侧窗口将自动显示高亮目录中的全部文件。

⑤ 选择一个文件：

a 按下 SELECT TYPE（选择类型）软键，按下所需文件类型的软键；或者按下 SHOW ALL（全部显示）软键显示所有文件。

b 移动高亮区至右侧窗口中所需的文件上。

c 按下 SELECT（选择）软键，或者按下 ENT 键，TNC 打开文件管理器所调用的操作模式中选择的文件。

（3）创建新目录（仅适用于驱动器 TNC：\） 将左侧窗口中的高亮区移至要创建子目录的目录上，输入新文件名并用 ENT 键确认，在弹出的窗口中按下 YES（是）软键确认，或者用 NO（否）软键取消。

（4）删除文件

① 将高亮区移至要删除的文件上。

② 按下 DELETE（删除）软键，TNC 提示是否确要删除这个文件。

③ 如确认的话，按下 YES（是）软键；或者要取消删除的话，按下 NO（否）软键。

（5）删除目录

① 将高亮区移到要删除的目录上。

② 选择删除功能，按下 DELETE（删除）软键。TNC 提示是否确要删除这个目录。如确认的话，按下 YES（是）软键；或者要取消删除的话，按下 NO（否）软键。

（6）重命名文件 将高亮区移至要重命名的文件上。

① 选择重命名功能。

② 输入新文件名，但不能改变文件类型。

③ 按下 ENT 键。

3. 创建和编写程序

（1）创建新零件程序 必须在“程序编辑”操作模式下输入零件程序。创建程序举例：

① 按键，选择“程序编辑”操作模式。

② 按 PGM MGT 键调用文件管理器。

③ 选择用于保存新程序的目录，输入新程序名并用 ENT 键确认。

④ 若选择尺寸单位，按 MM 或 INCH 软键。TNC 切换屏幕布局并启动 BLK FORM（毛坯形状）（定义工件毛坯）对话框，如图 2-48 所示。

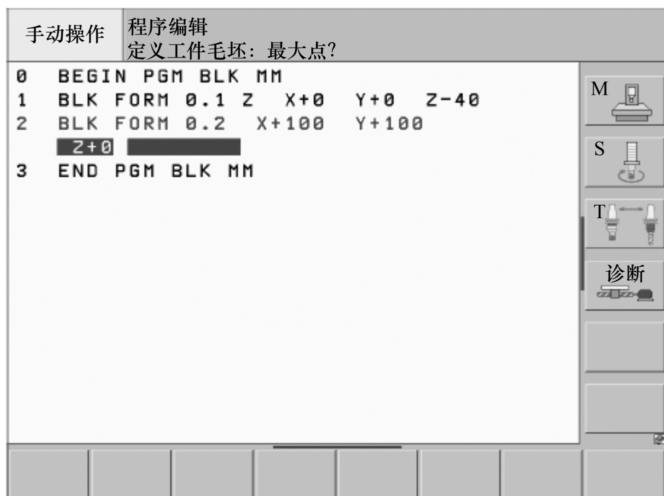


图 2-48　创建毛坯对话框

⑤ 选择工作主轴的坐标轴，例如 Z。

⑥ 定义毛坯形状：最小角点？依次输入最小点的 X、Y 和 Z 坐标并用 ENT 键确认每一个输入值。

⑦ 定义毛坯形状：最大角点？依次输入最大点的 X、Y 和 Z 坐标并用 ENT 键确认每一个输入值。

举例：在 NC 程序中显示毛坯形状

0 BEGIN PGM NEW MM	程序开始，程序名，尺寸单位
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-40	主轴坐标轴，最小点坐标
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	最大点坐标
3 END PGM NEW MM	程序结束、程序名、尺寸单位

⑧ TNC 自动生成程序段编号以及 BEGIN（开始）和 END（结束）程序段。

（2）编辑程序　创建或编辑零件程序过程中，可使用箭头键或软键选择程序中任何所需的行或程序段中的字，见表 2-9。

表 2-9　编辑零件程序软键功能说明

软　键	功　能	软　键	功　能
↑	转到上一页	↓	转到下一页
开始 ↑	转到程序起点	结束 ↓	转到程序结尾
	改变屏幕中当前程序段的位置：按该软键将显示当前程序段之前所编程序的其他程序段		改变屏幕中当前程序段的位置：按该软键将显示当前程序段之后所编程序的其他程序段
↓　↑	从一个程序段移至下一个程序段	←　→	选择程序段中的单个字
GOTO	要选择一特定程序段，按 GOTO 键，输入所需的程序段编号，然后按 ENT 键确认	CE	将选定的字置零
CE	删除不正确数字	CE	清除（非闪烁的）出错信息
NO ENT	删除选定的字	DEL	删除选定的程序段
DEL	删除循环和程序块	插入最后一个NC程序段	插入最后编辑或删除的程序段

1）在任意位置处插入程序段。选择准备在其后插入新程序段的程序段并启动对话。

2）编辑并插入字。

① 选择程序段中的字并用新字将其改写。字被高亮时可用简易语言对话。

② 要接受修改，按 END（结束）键。

如果想插入一字，重复按箭头键直到显示所需对话为止，然后输入所需的值。

3）查找任何文本。

① 选择搜索功能，按 FIND（查找）软键，TNC 显示对话提示 Findtext（查找文本）。

② 输入要查找的文本。

③ 查找文本，按 EXECUTE（执行）软键。

4．添加注释

TNC 系统支持在零件程序中的所需程序段添加注释的功能，以解释程序步骤或做一般性的说明，如图 2-49 所示。

有三种添加注释的方法：

（1）编程时输入注释

1）输入程序段数据，然后按字母键盘上的分号键（;），TNC 显示对话提示注释。

2）输入注释并按 END（结束）键结束程序段。

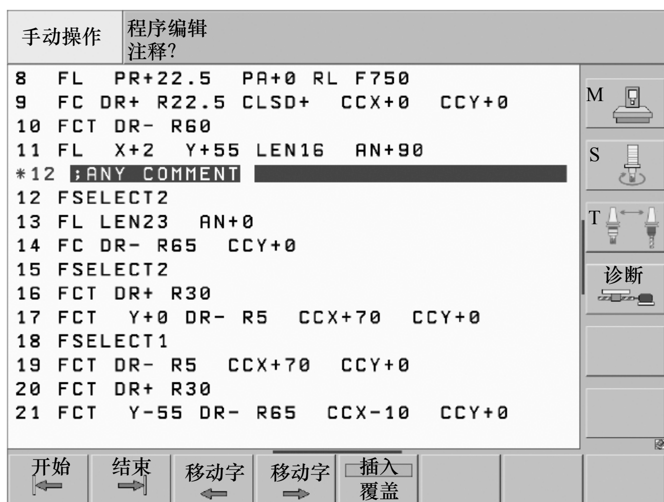


图 2-49 注释

（2）程序输入后插入注释

① 选择要添加注释的程序段。

② 用右箭头键选择程序段的最后一个字，按字母键盘上的分号键（;），分号显示在程序段的结尾处，TNC 显示对话提示注释。

③ 输入注释并按 END（结束）键结束程序段。

（3）在单独程序段添加注释

① 选择要在其后插入注释的程序段。

② 用字母键盘上的分号键（;）启动编程对话。

③ 输入注释并按 END（结束）键结束程序段。

5．创建文本文件

可以用 TNC 的文本编辑器编写文本。典型应用：记录测试结果、创建工作文档、创建公式。文本文件的类型为“.A”文件。

（1）打开与退出文本文件

① 选择“程序编辑”操作模式。

② 按 PGM MGT 键，调用文件管理器。

③ 按 SELECT TYPE（选择类型），然后按 SHOW（显示）“.A”软键，显示“.A”类型文件。

④ 用 SELECT“选择”软键选择文件，用 ENT 键确认，或输入新文件名创建新文件，并用 ENT 键确认。

⑤ 退出文本编辑器，调用文件管理器并选择不同文件类型的文件，如零件程序。

（2）编辑文本　文本编辑器，如图 2-50 所示。

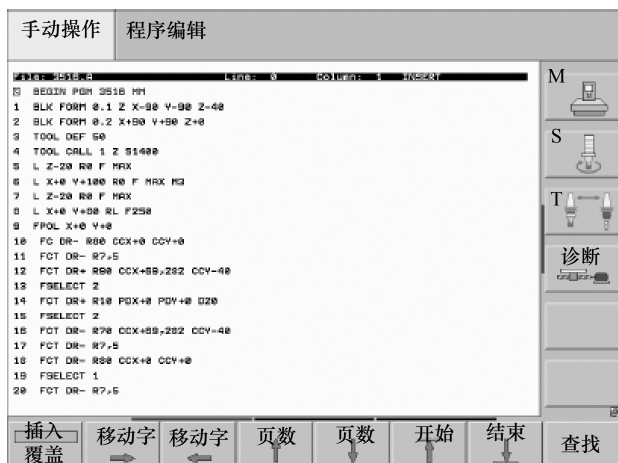


图 2-50　文本编辑器

文本编辑器的第一行是标题信息，显示文件名、光标位置和编写模式。

① 文件：文本文件名。

② 行：光标当前所在行。

③ 列：光标当前所在列。

④ 插入：插入新文本，右移现有文本。

⑤ 覆盖：改写现有文本，用新文本替换现有文本。

文本将在光标所在处插入或改写。按箭头键将光标移至文本文件中所需的任意位置处。光标所在行将显示为不同的颜色。一行最多为 77 个字符。按 RET 键或 ENT 键开始新行。

2.2.4　多轴数控机床的对刀

确定工件原点的方法是将 TNC 显示的位置设置为工件上已知位置的坐标。准备工作为将工件夹紧并对正、将已知半径的标准刀具装于主轴上、确保 TNC 上显示实际位置值。

确定工件原点的步骤如下：

1）选择“Manual Operation”（手工操作）模式。

2）选择一个轴 Z（也可用 ASCII 字符键盘选择各轴），缓慢移动刀具直到它接触（划到）到工件表面为止，如图 2-51 所示。

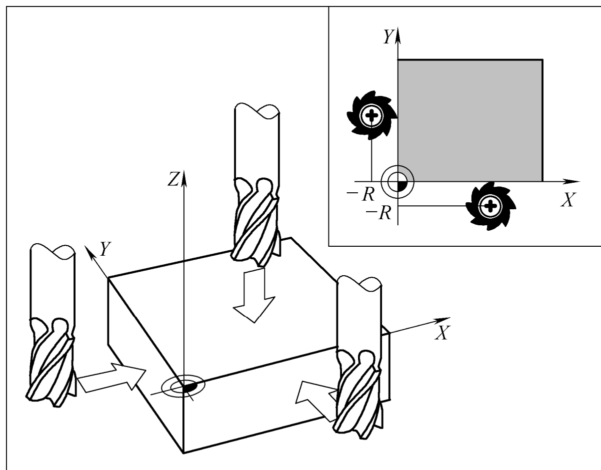


图 2-51　沿轴移动刀具

3）主轴上的标准刀具：将屏幕显示值设置到已知的工件位置（此例为 0）或输入薄片厚度 *d*。在刀具轴方向，需考虑刀具半径补偿。

2.2.5 机床与刀具参数的设置

通常路径轮廓坐标的编程都与工件图样标注的尺寸一样。要使 TNC 能计算刀具中心路径，即刀具补偿，还必须输入所用每把刀具的长度和半径。

用 TOOL DEF（刀具定义）可以在零件程序中直接输入刀具数据，也可以输入在单独刀具表中。在刀具表中，还可以输入特定刀具的附加信息。执行零件程序时，TNC 将考虑输入刀具的全部相关数据。

1. 在程序中输入刀具数据

可在零件程序的 TOOL DEF（刀具定义）程序段中定义特定刀具的编号、长度和半径。

选择“刀具定义”，按 TOOL DEF（刀具定义）键。

（1）刀具编号　每把刀都用刀具编号作它的唯一标识。

（2）刀具长度　刀具长度的补偿值。

（3）刀具半径　刀具半径的补偿值。

例如：4 TOOL DEF 5 L+10 R+5

2. 在刀具表中输入刀具数据

刀具表中最多可定义并保存 30000 把刀及其刀具数据。在机床参数 MP7260 中，可决定确定创建新表时要保存的刀具数。为了给刀具设置不同的补偿数据（刀具索引编号），MP7262 不能等于 0。刀具表中的名词缩写和含义见表 2-10。

表 2-10　刀具表中的名词缩写和含义

缩写	含义
T	在程序中调用的刀具编号（例如 5，检索：5.2）
NAME	程序中调用的刀具名称（不超过 12 个字符，全大写，无空格）
L	刀具长度 *L* 补偿值
R	刀具半径 *R* 补偿值
R2	盘铣刀半径 *R*2（仅用于球头铣刀或盘铣刀加工时的 3-D 半径补偿或图形显示）
DL	刀具长度*L*的差值
DR	刀具半径*R*的差值
DR2	刀具半径*R*2的差值
LCUTS	循环22刀具的切削刃长度
ANGLE	循环22和208往复切入加工时刀具的最大切入角
TL	设置刀具锁定（TL：代表刀具锁定）
RT	替换刀编号（RT：代表替换刀）
TIME1	以分钟为单位的刀具最长使用寿命。本功能对各机床可能有所不同
TIME2	TOOL CALL：（刀具调用）期间以分钟为单位的刀具最长使用寿命：如果当前刀具使用时间超过此值，TNC将在下一个TOOL CALL（刀具调用）期间换
CUR.TIME	以分钟为单位的当前刀具使用时间：TNC 自动计算当前刀具使用寿命（CUR.TIME）。输入已用刀具的起始值
DOC	刀具注释（最多16个字符）
PLC	传给PLC的有关该刀的信息
PLC VAL	传给PLC的有关该刀的值
PTYP	评估刀位表中的刀具类型
NMAX	该刀的主轴转速限速。监视编程值（出错信息）并通过电位器提高轴速

（续）

缩写	含义
LIFTOFF	用于确定NC停止时，TNC是否沿刀具轴的正向退刀，以免在轮廓上留下刀具停留的痕迹。如果选择Y（是）的话，只要NC程序用M148启用了该功能，TNC将使刀具退离轮廓0.1mm
P1 ... P3	与机床相关的功能向 PLC 传输值
KINEMATIC	与机床相关的功能：立式铣头的运动特性说明，TNC 添加到当前机床运动特性中
T-ANGLE	刀具的点角。用于定心循环（循环240），以便用直径信息计算定心孔深度
PITCH	刀具的螺纹螺距
AFC	可调进给控制 AFC 的控制设置，在 AFC.TAB 表中定义了 NAME（名称）列。它用 ASSIGN AFC CONTROL SETTING（指定 AFC 控制设置）软键（第 3 软键行）启用反馈控制法
CUT	切削刃数（最多 20 个）
LTOL	用于磨损检查的刀具长度 *L* 的允许偏差。如果超出输入值，TNC 将锁定刀具（状态 L）。输入范围：0～0.9999mm
RTOL	磨损检查的刀具半径 *R* 的允许偏差。如果超出输入值，TNC 将锁定刀具（状态 L）。输入范围：0～0.9999mm
DIRECT	用于在刀具转动过程中测量刀具时的切削方向
TT：R-OFFS	刀具长度测量：探针中心与刀具中心间的刀具偏移量。预设值：刀具半径 *R*（NO ENT 表示 *R*）
TT：L-OFFS	刀具半径测量：加到 MP6530 的刀具偏移量，它为探针上平面与刀具下平面之间的距离。默认值：0
LBREAK	破裂检查的刀具长度 *L* 的允许偏差。如果超出输入值，TNC 将锁定刀具（状态 L）。输入范围：0～0.9999mm
RBREAK	破裂检查的刀具半径 *R* 的允许偏差。如果超出输入值，TNC 将锁定刀具（状态 L）。输入范围：0～0.9999 mm

编辑刀具表。执行零件程序期间所用的刀具表被指定为 TOOL.T，只能在机床操作模式之一中编辑 TOOL.T。其他用于存档或测试运行的刀具表应使用不同文件名，扩展名都是“.T”。

打开刀具表 TOOL.T 步骤：

1）选择任何一种机床操作模式。

2）按 TOOL TABLE（刀具表）软键选择刀具表。

3）将 EDIT（编辑）软键置于 ON（打开），如图 2-52 所示。



图 2-52　编辑刀具表

3．调用刀具数据

用以下数据定义零件程序中的 TOOL CALL（刀具调用）程序段。

1）用 TOOL CALL（刀具调用）键选择刀具调用功能。

2）刀具编号。输入刀具编号或名称。输入的刀具必须在 TOOL DEF（刀具定义）程序段或刀具表中已有定义，TNC 自动给刀具名加上引号。刀具名称仅指当前刀具表 TOOL.T 中的输入名。如果要调用其他补偿值的刀具，也可以在小数点后输入刀具表中定义的索引编号。

3）工作主轴为 *X*/*Y*/*Z*：输入刀具轴。

4）主轴转速 S。直接输入主轴转速。如果使用切削数据表也可以让 TNC 计算主轴转速，这时需按 S CALCULATE AUTOMAT（自动计算主轴转速）软键。TNC 将用 MP 3515 设置的最高转速限制主轴转速。也可以用 m/min 定义切削速度 v_c，这时需按 VC 软键。

5）进给速率 F：直接输入进给速率。如果使用切削数据表也可以让 TNC 计算进给速率，这时需按 FCALCULATE AUTOMAT（自动计算进给速率）软键。TNC 将用最慢轴（由 MP1010 设置的）最快进给速率限制进给速率。进给速率 F 将一直保持有效至定位程序段或 TOOL CALL（刀具调用）程序段有新的进给速率为止。

6）刀具长度正差值 DL。输入刀具长度的差值。

7）刀具半径正差值 DR。输入刀具半径的差值。

8）刀具半径正差值 DR。输入刀具半径 2 的差值。

举例：刀具调用。在刀具轴 Z 调用 5 号刀具，主轴转速为 2500r/min，进给速率为 350mm/min。用正差值 0.2mm 给刀具长度编程，刀具半径 2 的正差值为 0.05mm，刀具半径负差值为 1mm。

```
20 TOOL CALL 5.2 Z S2500 F350 DL+0.2 DR-1 DR2+0.05
```

4．换刀

换刀位置必须是刀具可达的位置且不会发生碰撞。用辅助功能 M91 和 M92 输入基于机床的（而不是基于工件）的换刀位置坐标。如果 TOOL CALL 0 被编程在第一次调用刀具前的话，TNC 沿刀具轴将刀具轴移至与刀具长度无关的位置。

要手动换刀，需停止主轴转动并将刀具移至换刀位置：

① 在程序控制下将刀具移至换刀位置。

② 中断程序运行。

③ 换刀。

④ 恢复程序运行。

2.2.6 多轴数控机床的 MDI 操作

用“手动数据输入定位”操作模式能非常方便地执行简单加工操作或刀具预定位。在该模式下可以用 HEIDENHAIN 对话格式编程语言或 ISO 格式编写小程序并立即执行。还可以调用 TNC 固定循环。编写的程序被保存在$MDI 文件中。在“手动数据输入定位”操作模式下，还可以显示附加状态信息。

1．手动数据输入（MDI）定位

1）选择“手动数据输入定位”操作模式。编写$MDI 程序文件。

2）开始执行程序，按机床的 START（启动）按钮。

例：在一个工件上钻一个深度为 20mm 的孔，如图 2-53 所示。夹紧并对正工件和设置原点后，只需编写几行程序就能执行钻孔操作。首先，在程序段 L（直线程序段）将刀具预定位至孔的圆心坐标处，使刀具位于工件表面之上 5mm 的安全高度。然后用循环 1 啄钻钻孔。

```
0 BEGIN PGM $MDI MM
1 TOOL DEF 1 L+0 R+5              定义刀具：标准刀，半径为5mm
2 TOOL CALL 1 Z S2000             调用刀具：刀具轴Z主轴转速为2000r/min
3 L Z+200 R0 FMAX                 退刀（F MAX = 快速运动）
4 L X+50 Y+50 R0 FMAX M3          刀具以快速运动速度移至要钻孔的上方，主轴转动
5 CYCL DEF 200 DRILLING           定义钻孔循环
   Q200=5 ;                       安全高度：刀具在要钻孔上方的安全高度
   Q201=-15 ;                     深度：孔的总深度（代数符号= 加工方向）
   Q206=250 ;                     切入进给速率：啄钻进给速率
   Q202=5 ;                       进给深度：退刀前每次进给深度
   Q210=0 ;                       在顶部停顿时间：每次退刀后的停顿时间，以秒为单位
```

Q203=−10 ;	表面坐标：工件表面坐标
Q204=20 ;	第二安全高度：刀具在要钻孔上方的安全高度
Q211=0.2 ;	在孔底部的停顿时间：在孔底的停顿时间，以秒为单位
6 CYCL CALL	调用钻孔循环
7 L Z+200 R0 FMAX M2	退刀
8 END PGM $MDI MM	程序结束

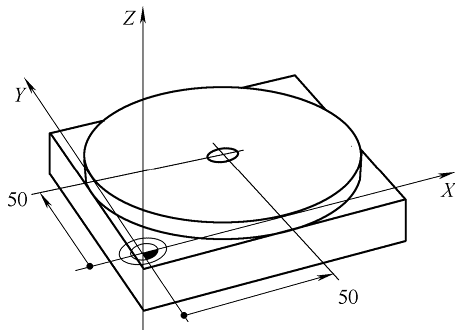


图 2−53　钻孔位置

2．**保护和删除$MDI 中的程序**

通常$MDI 文件只用于临时所需的小程序。虽然如此，如果需要的话也可以用如下步骤将其保存起来：

1）选择“程序编辑”操作模式。

2）按下 PGM MGT（程序管理）键，调用文件管理器。

3）按键将高亮条移至$MDI 文件上。

4）按 COPY（复制）软键选择文件复制功能。

5）输入要保存$MDI 文件中当前内容的文件名。

6）按键 执行，复制文件。

7）按下 END（结束）软键 结束，关闭文件管理器。

2.2.7　多轴数控机床自动方式加工

1．**自动启动程序**

在“运行程序”操作模式下，可以用 AUTOSTART（自动启动）软键启动“自动方式加工”，如图 2−54 所示。

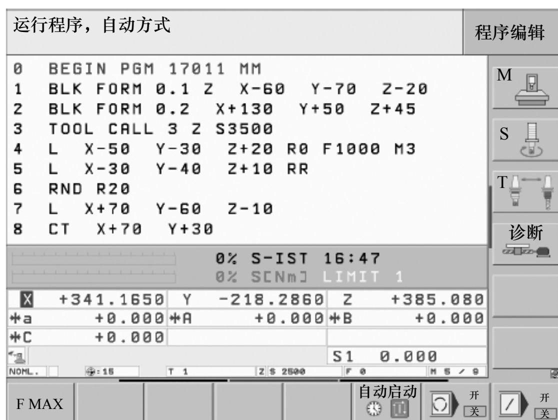


图 2−54　自动启动

用 AUTOSTART（自动启动）软键定义一个特定时间，在此时间将启动该操作模式下当前活动程序，如图 2-55 所示。

① 时间（h：min：sec）：要启动程序的时间。

② 日期（DD.MM.YYYY）：要启动程序的日期。

③ 要启动程序，将 AUTOSTART（自动启动）软键置于开（ON）状态。

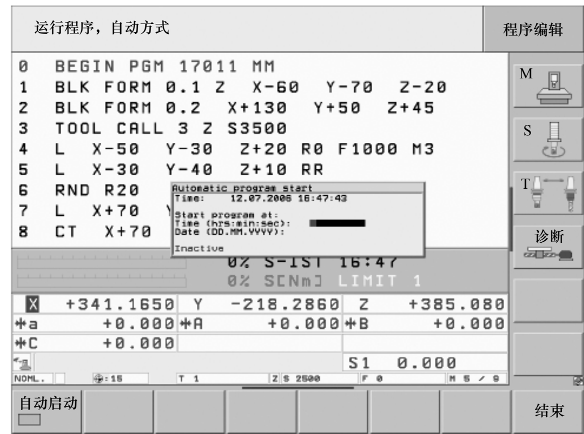


图 2-55 自动运行显示窗口

2．可选跳过程序段

在“测试运行”或“运行程序”操作模式下，TNC 可以跳过用“/”斜线开始的程序段。

1）要运行或测试非斜线开始的程序段，将软键置于开。

2）要运行或测试斜线开始的程序段，应将软键置于关。

3．可选程序运行中断

TNC 可选择在含 M1 的程序段处中断程序运行或测试运行。如果在“运行程序”操作模式下使用 M1 的话，TNC 将不关闭主轴或切削液。

1）在有 M1 程序段处，不中断程序运行或测试运行：将软键置于关。

2）在有 M1 的程序段处，中断程序运行或测试运行：将软键置于开。

2.3 本章小结

本章主要介绍了编制多轴数控加工工艺的方法。分析了多轴数控铣削的主要加工对象、数控铣削刀具的选择、切削用量确定以及加工工艺路线确定等。刀具选择时，首先应根据被加工零件的几何形状选择刀具类型，然后再选择铣刀结构、铣刀角度、铣刀的齿数（齿距）、铣刀直径、铣刀的最大切削深度、刀片牌号。切削用量的选择方法是从刀具寿命出发，先选择背吃刀量或侧吃刀量，其次选择进给速度或进给量，最后确定切削速度。多轴加工往往是利用三轴进行粗加工，然后通过多轴加工方法实现零件的精加工。

03

第3章　UG NX 10.0 多轴加工技术

本章对 UG NX 10.0 多轴加工做详细介绍，主要包括可变轴曲面轮廓铣和顺序铣等。读者学习时应重点掌握对可变轴曲面轮廓铣的驱动方法、投影矢量和刀轴矢量控制方法的含义理解，以及如何设置顺序铣的操作参数。

本章知识要点：

- 了解 UG NX 10.0 基本知识。
- 掌握 UG NX 10.0 五轴加工一般流程。
- 掌握 UG NX 10.0 五轴加工父级组。
- 掌握 UG NX 10.0 可变轴曲面轮廓铣操作参数。
- 掌握 UG NX 10.0 顺序铣操作参数。

3.1　UG NX 10.0 多轴加工

UG NX 10.0 软件作为世界上先进的 CAD/CAM/CAE 集成的大型高端应用软件，特别是其 CAM 模块广泛应用于航空、航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域，在工业界被公认为最好的 CAM 软件之一。UG NX 10.0 常用的多轴加工主要包括四轴铣削加工、五轴铣削加工、车铣复合加工、四轴线切割加工等，下面做一简单介绍。

3.1.1　UG NX 10.0 四轴铣加工

UG NX 10.0 除了提供强大的三轴加工外，还提供了比较成熟的多轴加工模块。四轴加工中刀具同时做 *X*、*Y*、*Z* 三个方向的移动，同时一般工件能够绕 *X* 轴或 *Y* 轴转动，因此广泛应用于航空、造船、医学、汽车工业、模具制造等领域。典型的四轴产品有凸轮、涡轮、蜗杆、螺旋桨、鞋模、人体模型、汽车配件、精密零件加工，如图 3-1 所示。

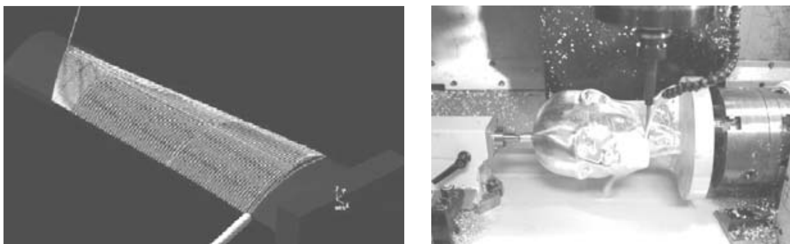


图 3-1　四轴加工案例

UG NX 10.0 是一款非常适合进行四轴联动加工编程的数控软件之一，在四轴加工中，UG NX 10.0 提供了如下功能：

1．可变轴曲面轮廓铣削四轴加工

在可变轴铣削过程中，刀轴在沿着刀路运动时可以不断改变方向，此时控制刀轴仅仅进行绕单轴的旋转，即可实现四轴加工，主要用于曲面轮廓的半精加工或精加工。

2．3+1 轴定位加工

在进行四轴加工时，有很多情况可以看作是平面加工或是固定轴加工。因为在这样的情况下，机床的旋转轴先进行旋转，将加工工件或者刀具主轴旋转到某一个所需要的方位，然后对工件进行加工，而在对

工件进行切削加工的过程中，加工工件或刀轴主轴的方位不发生变化。利用 UG NX 提供的平面铣削、固定轴轮廓曲面铣削、固定轴自动清根、钻孔等功能，在这样的情况下，都可以采用这种方式来实现。如果熟悉三轴加工，只要对四轴加工有些了解，就可以知道，多轴定位加工比较简单。

3.1.2 UG NX 10.0 五轴加工

UG NX 10.0 除了提供强大的三轴加工外，还提供了比较成熟的多轴轴加工模块。三轴加工中刀具同时做 *X*、*Y*、*Z* 三个方向的移动，且 *Z* 轴的移动总是保持与 *XY* 平面垂直。在五轴加工中刀具总是垂直于加工曲面，因此五轴加工相对于三轴加工而言，具有很大的优越性，比如可扩大加工范围、减少装夹次数、提高加工效率和加工精度，可加工各种复杂曲面，主要用于飞机、模具、汽车等行业的特殊加工，如图 3-2 所示。

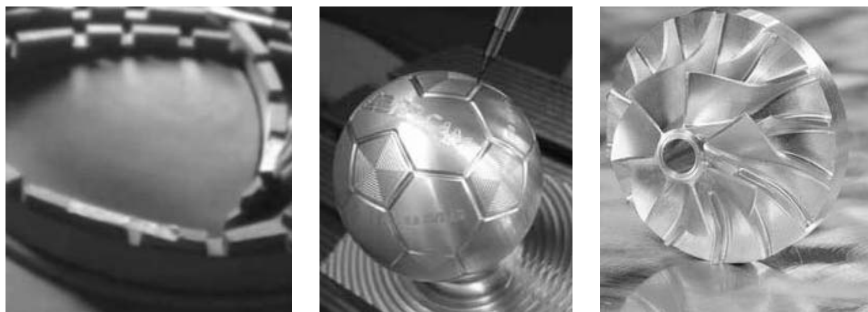


图 3-2 UG NX 五轴加工案例

五轴联动数控机床对 CAM 软件的要求非常高。从这个角度来讲，UG 是一款非常适合进行五轴联动加工编程的数控软件之一，在加工制造业应用非常普遍。在五轴铣削加工方面，UG NX 10.0 具备以下功能：

（1）可变轴曲面轮廓铣削加工 可变轴曲面轮廓铣削加工支持固定轴和多轴铣削加工功能，可以加工 UG CAD 模块中生成的任意几何体，同时保持主模型相关性。在变轴铣削过程中，刀轴在沿着刀路运动时可以不断改变方向。变轴铣削加工主要用于半精加工或精加工曲面轮廓，其加工区域由选择的表面轮廓构成。UG NX 提供了多种驱动方法和进给方式，可以对不同的零件轮廓表面选择最佳的切削路径和切削方法，从而满足各种复杂零件表面轮廓的加工要求。

（2）顺序铣削加工 顺序铣削加工可以用于固定轴轮廓铣削加工，也可以用于可变轴曲面轮廓铣削加工。顺序铣削加工是一种进行表面精加工的方法，其前一道工序一般为平面铣削或型腔铣削等粗加工。它按照相交或相切面的连接顺序连续加工一系列相接表面，可以保证零件相邻表面过渡处的加工精度，该功能适合于高难度的数控程序编制。

3.1.3 车铣复合加工

复合加工是目前机械加工领域国际上最流行的加工工艺之一，是一种先进制造技术。复合加工就是把几种不同的加工工艺，在一台机床上实现。复合加工应用最广泛、难度最大的，就是车铣复合加工。车铣复合加工中心相当于一台数控车床和一台加工中心的复合。

图 3-3 为车铣复合加工中心。车铣中心的车床主轴和铣削主轴头都采用带编码器，能精确定位和锁紧的电主轴，在车削时车床主轴带动工件旋转，铣削主轴锁紧，做带 B 轴的车床刀架使用，而在铣削时，车床主轴则反过来做 A 轴转盘使用。

与常规加工设备不同的是，一台车铣复合加工中心实际上相当于一条生产线，工序集中是复合加工最为鲜明的工艺特点。如何根据零件工艺特性和车铣复合加工的工艺特点制定合理的工艺路线、装卡方法和选用合理的数控刀具是实现高效精密加工的关键。

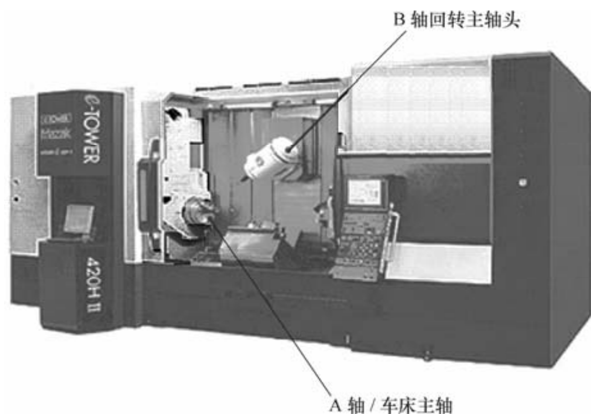


图 3-3　马扎克 Integrexe-420H 车铣复合加工中心

3.1.4　UG NX 10.0 五轴加工的一般流程

利用 UG NX 10.0 进行五轴加工需要遵循的加工流程，如图 3-4 所示。

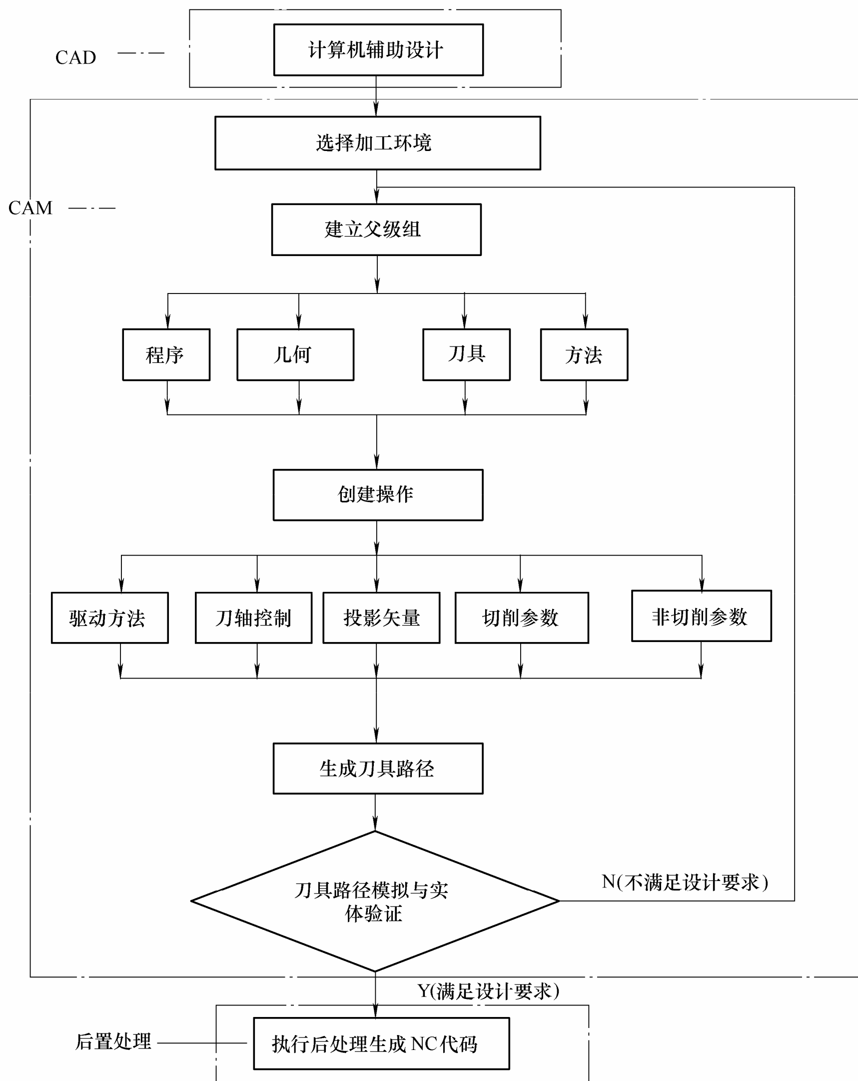


图 3-4　UG NX 10.0 五轴加工流程

下面简单介绍五轴加工流程中的相关内容。

1．选择加工环境

UG CAM 可以为数控车、数控铣、数控电火花切割机编制加工程序，而且单是 UG CAM 数控铣就包括平面铣（Planar Mill）、型腔铣（Cavity Mill）、固定轴曲面轮廓铣（Fixed Contour Mill）、多轴轮廓铣（mill_multi-axis）4 种铣削加工工艺。因此，需要定制用户所需要的数控编程环境，选择最适合具体加工要求的功能加工环境

2．建立父级组

在 UG NX 10.0 的五轴加工中加工是通过“创建操作”来完成的，在“创建操作”之前要为操作指定其所对应的父级组，其中包括程序组、刀具组、几何组和方法组。

① 程序：程序组是用于组织各加工操作和排列各操作在程序中的次序。

② 几何：几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位。

③ 刀具：设置加工需要的加工刀具类型以及刀具加工参数。

④ 方法：加工方法可以通过对加工余量、几何体的内外公差、切削步距和进给速度等选项的设置，控制表面残余量，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数。

3．创建操作

在 UG NX 10.0 数控加工过程中，零件各表面的形成是通过若干个按一定次序排列的操作组成，通常一个操作可看成是加工中的一个工序。创建操作时除了要指定加工父级组外，还要设置操作参数，在五轴加工中要设置的参数有：

① 驱动方法：用于定义创建刀轨时驱动点产生方法。

② 刀轴控制：用于控制刀轴矢量方向。

③ 投影矢量：用于确定驱动点投影到零件几何表面的方向。

④ 切削参数：用于设置切削加工参数，主要包括走刀方式、加工余量、顺铣和逆铣等。

⑤ 非切削参数：用于设置刀具的非切削运动移动参数，主要包括进刀、退刀、安全设置等。

⑥ 进给和速度：用于设置加工时主轴转速和进给率等。

4．生成刀具路径

生成刀具的 NCI 数据文件，并在屏幕上显示加工刀具路径。

5．刀具路径模拟与实体验证

模拟刀具实际切削时的走刀过程，直接对工件进行逼真的切削模拟来观察加工的过程和效果，可避免工件报废，甚至可以省去试切环节。

6．执行后处理生成 NC 代码

将确认的刀具位置数据 NCI 转换成适合于具体机床数据的数控加工程序，即 NC 代码。

3.2 UG NX 10.0 五轴加工父级组

在 UG NX 10.0 五轴加工中加工是通过创建工序来完成的，在创建工序之前要为工序指定其所对应的父级组，其中包括程序组、刀具组、几何组和方法组。

3.2.1 创建程序组

程序组是用于组织各加工操作和排列各操作在程序中的次序。例如一个复杂零件如果需要在不同机床上完成各表面的加工，则应将在同一台机床上加工的操作组合成程序组，以便于刀具路径合理管理和后处理。合理地将各操作组成一个程序组，可以在一次后置处理中选择程序组输出多个操作。

单击【主页】选项卡上【插入】组中的【创建程序】按钮，或打开【插入】菜单，单击【程序】

命令，弹出【创建程序】对话框，如图 3-5 所示。

【创建程序】对话框中相关选项含义如下：

① 类型：根据加工类型，在【类型】下拉列表框中选择合适的操作模板类型。在【类型】下拉列表框中的操作模板类型就是 UG NX 加工环境中“要创建的 CAM 设置”的操作模板类型。

② 程序子类型：子类型是程序组【程序】的类型，这些“程序”用来对要输出的操作进行分组。

③ 位置：在【位置】选项组中的【程序】下拉列表框中选择程序父级组，该下拉列表框中显示的是程序视图中当前已经存在的节点，他们都可以作为新节点的父节点。

④ 名称：在【名称】选项组中的文本框中可以输入新建程序组的名称。

（注意）在【工序导航器】的【程序顺序视图】中显示每个操作所需的程序组及其各操作在机床上的执行顺序。

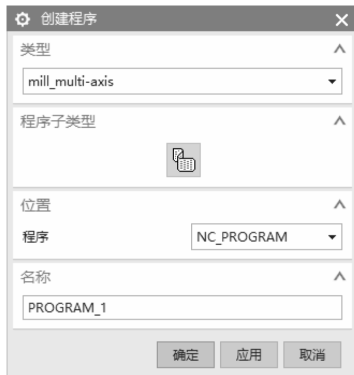


图 3-5 【创建程序】对话框

3.2.2 创建刀具组

在加工过程中，刀具是从工件上切除材料的工具。创建和选取刀具时，应考虑加工类型、加工工件的表面形状和加工部位的尺寸大小等因素。

1.【创建刀具】对话框

在 UG NX 10.0 中提供了多种刀具类型供用户选择，用户只需要指定刀具的类型、直径和长度等参数即可创建刀具。

单击【主页】选项卡上【插入】组中的【创建刀具】按钮，或打开【插入】菜单，单击【刀具】命令，系统弹出【创建刀具】对话框，如图 3-6 所示。



图 3-6 【创建刀具】对话框

【创建刀具】对话框的各相关选项含义如下：

（1）【类型】选项组　刀具类型随操作模板类型不同而不同，各种操作模板类型（cam_general 加工环境的操作模板）对应的刀具类型如下：

①【mill_planar】（平面铣）：用于平面铣的各类刀具。

②【mill_contour】（轮廓铣）：用于轮廓铣的各类刀具。

③【mill_multi-axis】（多轴轮廓铣）：用于多轴轮廓铣的各类刀具。

④【drill】（钻）：用于钻、铰、镗、攻螺纹的各类刀具。

⑤【hole_making】（孔加工）：用于钻、铰、镗、攻螺纹的各类刀具。

⑥【turning】（车削）：用于车削的各类刀具。

⑦【wire_edm】（电火花线切割）：用于电火花线切割的各类刀具。

（2）【库】选项组　用户可以通过【库】选项组，从刀库中选择一把预定义刀具。

（3）【刀具子类型】选项组　【刀具子类型】选项组显示对应刀具类型所列的全部刀具图标。

（4）【位置】选项组　【位置】选项组用于设定所创建的刀具的位置。

（5）【名称】选项组　【名称】选项组中的文本框用于输入所创建刀具的名称。名称由字母和数字组成，并以字母开头，名称长度不超过 90 个字符。为了便于管理，通常采用刀具直径和下半径参数作为刀具名称的命名参照。

2．刀具参数

UG NX 10.0 中常用的铣刀类型有 5 参数铣刀，下面以常用的 5 参数铣刀为例来讲解铣刀参数。刀具参数主要集中于【铣刀-5 参数】对话框中的【刀具】选项卡上，如图 3-7 所示。

【铣刀-5 参数】对话框中的相关选项的含义如下：

（1）【尺寸】选项组　铣刀的基本参数用于确定刀具的基本形状，各尺寸标注显示在刀具示意图中。下面简单介绍一个各参数的含义：

①【（D）直径】：铣切削刃口直径，它决定刀路轨迹产生的最主要因素。

②【（R1）下半径】：铣刀下侧圆弧半径，它刀具底边圆角半径。对于 5 参数铣刀，该半径值可以为 0，形成平底铣刀。当该半径为刀具直径的一半时，则为球头铣刀；若该半径小于刀具直径的一半时，则形成牛鼻刀。



图 3-7 【铣刀-5 参数】对话框

③【（L）长度】：刀具的总长，该参数指定刀具的实际长度，包括切削刃和刀柄等部分的总长度。

④【（B）锥角】：指定铣刀侧面和铣刀轴线之间的夹角，其取值范围为（−90°～90°）。若该值为正，刀具外形为上粗下细；若该值为负，刀具外形为上细下粗；若该值为 0，刀具侧面与主轴平行。

⑤【（A）尖角】：尖角是指铣刀底部的顶角，该角度为铣刀端部与垂直于刀轴的方向所形成的角度，其取值范围为（0°～90°）。该值为正值，则刀具端部形成一个尖角。

⑥【（FL）刀刃长度】：刀具齿部的长度，但刃长不一定代表刀具切削长度，该长度应小于刀具长度。

⑦【刀刃】：切削刃的数目，也是铣刀排屑槽的个数（2、4、6 等）。

（2）【描述】选项组　在【描述】选项组的文本框中可输入刀具的简单说明和提示。单击【描述】选项组中的【材料】按钮，弹出【搜索结果】对话框，如图 3-8 所示。用户可以在该对话框中选择合适的刀具材料。

（3）【编号】选项组　【编号】选项组用于设置刀具补偿和刀具号等参数，包括以下选项：

①【刀具号】：刀具在铣削加工中心刀具库中的编号，这也是 LOAD/TOOL 后置处理命令用到的值。

②【长度补偿】：在机床控制器中刀具长度补偿寄存器的编号，便于协调不同长度的刀具统一进行加工生产。

③【刀具补偿】：在机床控制器中刀具半径补偿寄存器的编号，便于协调不同长度的刀具统一进行加工生产。

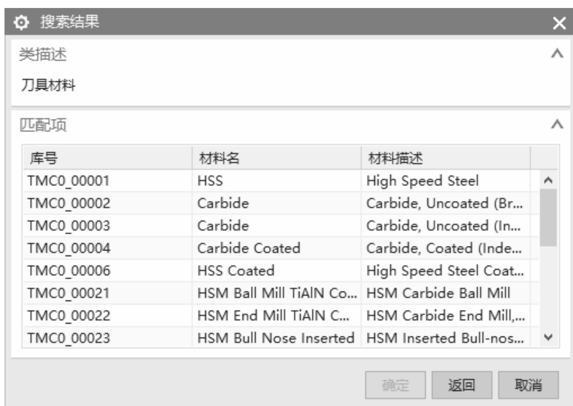


图 3-8 【搜索结果】对话框

（4）【偏置】选项组 【Z 偏置】文本框用于输入刀轨在机床的加工坐标系中的位置相比在 UG NX 编程环境中的 MCS 中的位置沿 Z 轴方向上移（正值）或下降（负值）的距离值。

（5）【信息】选项组 【目录号】文本框用于为刀具制定一个分类号，可储存自定义的铣刀，便于刀具管理。

（6）【库】选项组 【库号】文本框用于为刀具制定一个库号，单击【将刀具导出至库】按钮，可将自定义的刀具导入系统刀具库中。

（7）【预览】选项组 单击【显示】按钮，可在工作坐标系（WCS）的原点处以图形方式显示生成的刀具，以便用于检查刀具的大小是否合适。

3.2.3 创建几何组

创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位，包括定义加工坐标系、部件、工件、边界和切削区域等。创建几何所建立的几何对象可指定为相关操作的加工对象。

1.【创建几何体】对话框

单击【主页】选项卡上【插入】组中的【创建几何体】按钮，或打开【插入】菜单，单击【几何体】命令，系统弹出【创建几何体】对话框，如图 3-9 所示。



图 3-9 【创建几何体】对话框

【创建几何体】对话框中选项含义如下：

①【类型】：根据加工类型，在【类型】下拉列表框中选择合适的操作模板类型。【类型】下拉列表中的操作模板类型就是 UG NX 加工环境中“要创建的 CAM 设置”所指定的操作模板类型。

②【几何体子类型】：在【几何体子类型】中选择合适的几何模板，不同类型的操作模板所包含的几何模板不同，包括“加工坐标系”“铣削几何”“铣削边界”“铣削区域”等。

③【位置】：在【位置】选项组中的【几何体】下拉列表框中选择几何父级组，该下拉列表框中显示的是几何视图中当前已经存在的节点，它们都可以作为新节点的父节点。

④【名称】：在【名称】文本框中输入新建几何的名称。

2．创建加工坐标系

在 UG NX 10.0 加工环境下，可以使用 5 种坐标系，分别为“绝对坐标系 ACS（Absolute Coordinate System）”“工作坐标系 WCS（Work Coordinate System）”“加工坐标系 MCS（Machine Coordinate

System)”“参考坐标系 RCS（Reference Coordinate System）”和“已存坐标系 SCS（Saved Coordinate System）”。

加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置。在刀具路径中，所有位置点的坐标值与加工坐标系关联，如果移动加工坐标系，则重新确定后续刀具路径输出坐标点的基准位置。加工坐标系的坐标轴用 XM、YM、ZM 表示，并且在图形区 MCS 坐标轴长度要比 WCS 的长。另外，如果未指定刀轴矢量方向，则 MCS 的 ZM 轴是默认的刀轴方向，特别是对于固定轴加工。

单击【创建几何体】对话框中【几何体子类型】中的【MCS】图标，然后单击【确定】按钮，弹出【MCS】对话框，如图 3-10 所示。



图 3-10 【MCS】对话框

【MCS】对话框中相关选项含义如下：

（1）【机床坐标系】选项组　单击【机床坐标系】选项组中【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框。利用【坐标构造器】对话框，用户可调整机床坐标系 MCS 的位置和方向。

（2）【参考坐标系】选项组　当加工区域从零件的一部分转移到另一部分时，系统将使用参考坐标系重新定位未建模几何参数（起刀点、返回点、刀轴矢量、安全平面），这样可以减少参数的重新指定。参考坐标系的坐标轴用 *XR*、*YR*、*ZR* 表示。系统在进行参数初始化时，参考坐标系定位在绝对坐标系上。

勾选【链接 RCS 到 MCS】复选框，则 RCS 与 MCS 处于相同的位置和方向，用户也可以利用【坐标构造器】对话框指定参考坐标系。

（3）【安全设置】选项组　在【安全设置】选项组设置安全平面位置，安全平面用于定义刀具从一个刀具点退刀运动到下一个切削点的高度。【安全设置选项】下拉列表框包括以下 4 个选项：

①【使用继承的】：继承先前的安全平面作为当前操作的安全平面。

②【无】：不进行安全设置。

③【自动平面】：在【安全设置】选项组的【安全设置选项】下拉列表框中选择【自动平面】，并在【安全距离】文本框中输入数值以确定安全距离，此时系统将自动找到毛坯几何体 Z 方向上的最上端的位置，然后用偏置所设定的安全距离所确定的平面作为当前操作的安全平面。

④【平面】：在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择“平面”，单击【选择安全平面】按钮，利用弹出的【平面构造器】对话框选择一个平面，并在【偏置】文本框中输入距离值，用于表示安全平面的高度位置。

（注意）安全平面可以在创建操作时设置，也可以在创建几何体时设置，在创建几何体时设置安全平面可以避免创建每一个操作时都设置安全平面。

（4）【下限平面】选项组　下限平面用于指定刀具最低达到的范围，包括以下 2 个选项：

①【无】：不定义下限平面。

②【平面】：单击【指定下限平面】按钮，弹出【平面构造器】对话框，利用该对话框可选择或创建一个平面作为下限平面，系统以虚线三角形在图形区显示。

3．创建铣削几何

单击【创建几何体】对话框中【几何体子类型】的【WORKPIECE】图标或【MILL_GEOM】图标，然后单击【确定】按钮，弹出【工件】对话框，如图 3-11 所示。



图 3-11 【工件】对话框

利用【工件】对话框，可定义可变轴曲面轮廓铣中要加工

的轮廓表面。常用的铣削几何包括部件几何、毛坯几何和检查几何 3 种，下面分别加以介绍：

（1）部件几何　部件几何用于表示被加工零件的几何形状，是系统计算刀轨的重要依据，它控制刀具运动范围，如图 3-12 所示。

在【工件】对话框中单击【几何体】选项组【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框，如图 3-13 所示。利用该对话框可在图形区选择需要加工的零件。

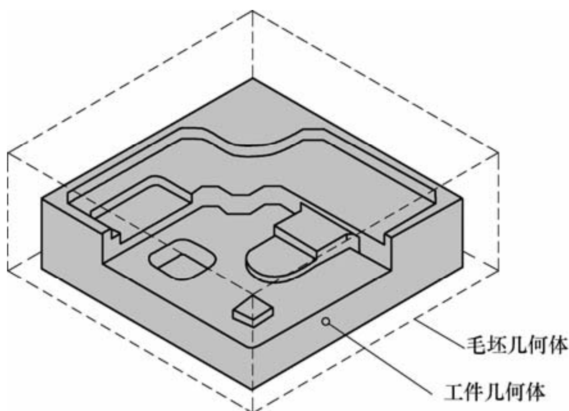


图 3-12　工件几何和毛坯几何



图 3-13 【部件几何体】对话框

（2）毛坯几何　毛坯几何用于表示被加工零件毛坯的几何形状，是系统计算刀轨的重要依据，如图 3-12 所示。

在【工件】对话框中，单击【几何体】选项组【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，如图 3-14 所示。在【类型】下拉列表框中选择合适毛坯方式，然后可在图形区选择需要加工零件的毛坯，单击【确定】按钮，返回【工件】对话框，完成毛坯几何的创建，如图 3-14 所示。



图 3-14 【毛坯几何体】对话框

（3）检查几何　检查几何用于指定不允许刀具切削的部位，比如夹具零件，如图 3-15 所示。单击【几何体】选项组【指定检查】选项后的【选择或编辑检查几何体】按钮，在弹出的【检查几何体】对话框选择加工零件的检查几何体，单击【确定】按钮，完成检查几何的创建，如图 3-16 所示。

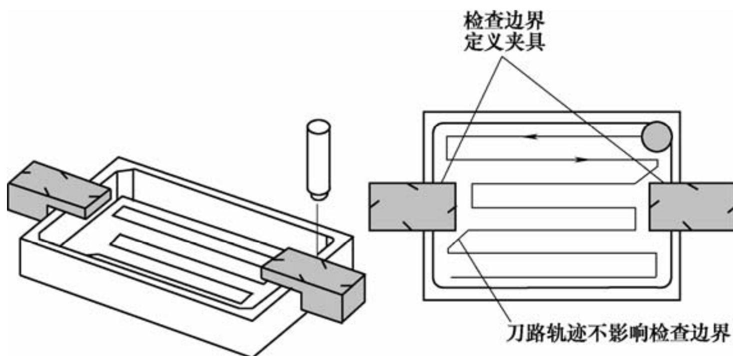


图 3-15　检查几何示意图

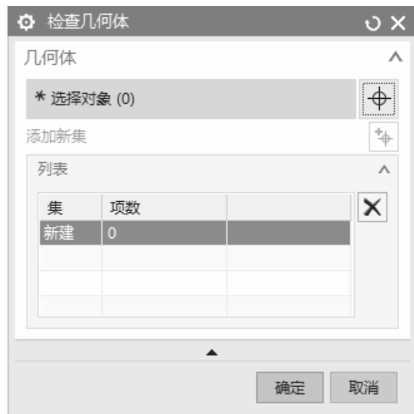


图 3-16 【检查几何体】对话框

4．创建铣削区域

铣削区域是通过选择表面、片体或者曲面区域定义切削的区域，常用于创建固定轴铣或变轴铣操作中，如图 3-17 所示。

单击【创建几何体】对话框中的【MILL_AREA】图标，然后单击【确定】按钮，弹出【铣削区域】对话框，如图 3-18 所示。

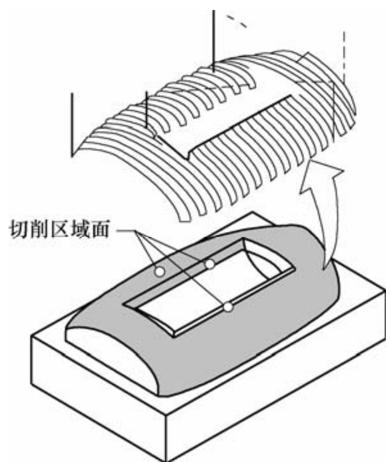


图 3-17 铣削区域示意图



图 3-18 【铣削区域】对话框

【铣削区域】对话框中的内容与上一节【铣削几何】基本相同，不同的图标有【切削区域】和【壁】，下面分别加以介绍：

（1）切削区域 单击【几何体】选项组的【指定切削区域】选项后的【选择或编辑切削区域】按钮，弹出【切削区域】对话框。在对话框中用户可选择表面、片体或者曲面区域定义切削区域。

在选择切削区域时，可不必讲究区域各部分选择的顺序，但切削区域中的每个部分必须包含在已选择的零件几何中。例如：如果在切削区域中选择了一个面，则这个面应在部件几何中已选择，或者这个面应是部件几何中选择的体；如果切削区域中选择一个片体，则零件几何中也必须选择同样的片体；如果未选择切削区域，系统把已定义的整个部件几何作为切削区域，换句话说，系统将用零件的轮廓作为切削区域，实际上并没有指定真正的切削区域。

（2）壁 单击【几何体】选项组的【指定壁】选项后的【选择或编辑壁】按钮，弹出【壁几何体】对话框，在对话框中用户可以选择表面、片体或者曲面区域定义切削的区域。壁用于变轴铣来限制刀轴的方向。

3.2.4 创建方法组

在零件的加工过程中，为了达到加工精度，往往需要进行粗加工、半精加工和精加工等几个工序阶段。粗加工、半精加工和精加工的主要差异在于加工后残留在工件上余料的多少及表面粗糙度。加工方法可以通过对加工余量、几何体的内外公差、切削步距和进给速度等选项的设置，控制表面残余量，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数。另外创建加工方法时还可以设定刀具路径的显示颜色和方式。

在建立各种加工操作时，可以引用已经创建的加工方法，当修改加工方法中某个参数时，相关操作自动更新。在各种【操作】对话框，也可以完成切削、进给等各种选项的设置，但设置的参数仅对当前操作起作用。

1．【创建方法】对话框

单击【主页】选项卡上【插入】选项组的【创建方法】按钮，或打开【插入】菜单，单击【方法】命令，系统弹出【创建方法】对话框，如图 3-19 所示。

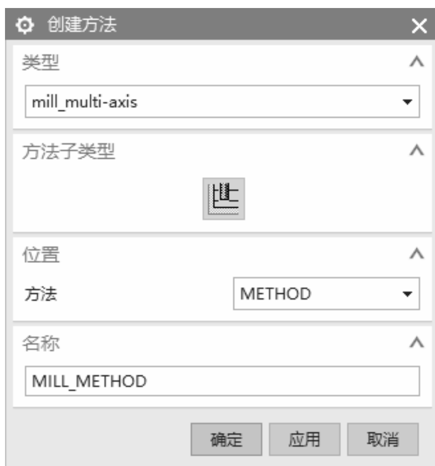


图 3-19 【创建方法】对话框

【创建方法】对话框中的相关选项含义如下：

①【类型】：根据加工类型，在【类型】下拉列表框中选择合适的操作模板类型。在【类型】下拉列表中的操作模板类型就是 UG NX 加工环境中“要创建的 CAM 设置”的操作模板类型。

②【位置】：在【位置】选项组的【方法】下拉列表框中选择方法父级组，该下拉列表框中显示的是加工方法视图中当前已经存在的节点，它们都可以作为新节点的父节点。

③【名称】：在【名称】文本框中输入新建加工方法组的名称。

2.【铣削方法】对话框

设置好【创建方法】对话框中的参数后，单击【确定】按钮，弹出【铣削方法】对话框，如图 3-20 所示。



图 3-20 【铣削方法】对话框

【铣削方法】对话框中相关选项参数含义如下：

（1）设置加工余量和公差

①【部件余量】：即切削余量。部件余量是零件加工后没有切除的材料量，这些材料在后续加工

操作中将被切除，通常用于需要粗、精加工的场合。

②【内公差】和【外公差】：内公差限制刀具在切削过程中越过零件表面的最大距离；外公差限制刀具在切削过程中没有切至零件表面的最大距离，指定的值越小，则加工的精度越高。

（2）切削方法　单击【刀轨设置】选项组的【切削方法】按钮，弹出【搜索结果】对话框，列出了各种预定义的切削方法，供用户选择使用。

（3）设置进给量　为了保证零件表面的加工质量和生产效率，在一个刀具路径中一般存在有多种刀具运动类型，如快速、进刀、切削、退刀等。不同的刀具类型，其进给速度不同。在 UG CAM 将刀轨分段设置不同的进给速度，关于各种进给速度的名称及其对应的运动阶段，如图 3-21 所示。

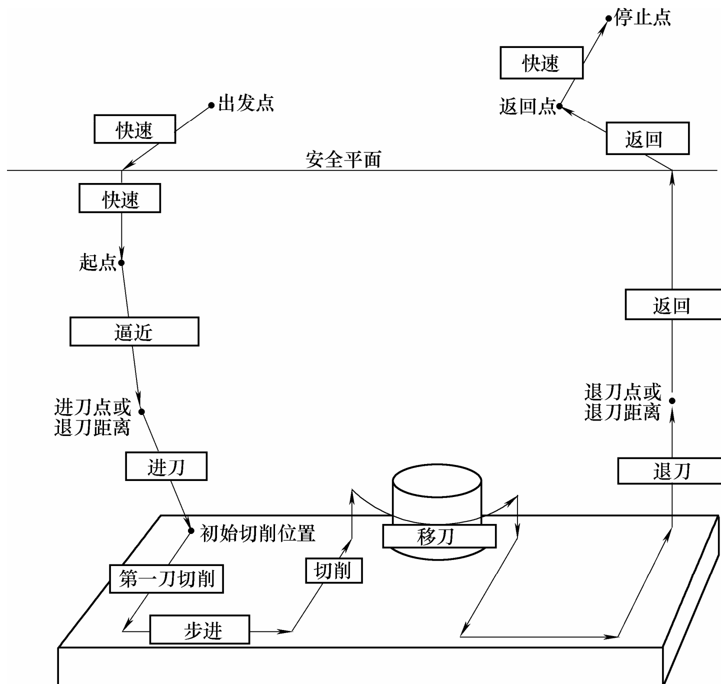


图 3-21　各种进给速度的名称及其对应的运动阶段

单击图 3-20 所示对话框中的【刀轨设置】选项组中的【进给】按钮，弹出【进给】对话框，如图 3-22 所示。利用该对话框，用户可以设置刀具各种类型的移动速度。

结合图 3-22 介绍一下【进给】对话框中各种进给速度的含义：

①【切削】：设置正常切削状态的进给速度，即进给量。根据经验或铣削工艺手册提供的数值或由系统自动计算。

②【快速】：设置快进速度，即从刀具的初始点（出发点）到下一个前进点（起点）的移动速度。如果快进速度为“G0-快速模式”，则由机床控制器设定的机床快速运动速度决定；如果设置为“G1-进给模式”，可输入速度数值，则和其他所有进给速度一样在 NC 程序中由进给代码 F 指定。

③【逼近】：设置接近速度，即从刀具的起点（Start Point）到进刀点（Engage Point）的进给速度。在平面铣和型腔铣中进行多层切削时，接近速度控制刀具从一个切削层到下一个切削层的移动速度。在表面轮廓铣中，逼近速度是刀具进入切削前的进给速度。一般逼近速度可比快速速度小些，如果逼近速度为 0，系统将使用【切削】进给速度。



图 3-22　进给对话框

④【进刀】：设置进刀速度，即从刀具进刀点到初始切削位置刀具运动的进给速度。如果进刀速度为 0，系统将使用【切削】进给速度。

⑤【第一刀切削】：设置第一刀切削的进给速度。考虑到毛坯表面的硬度，一般它要比【进刀】速度小一些，如果第一刀切削为 0，系统将使用【切削】进给速度。

⑥【步进】：设置刀具移向下一平行刀轨时的进给速度。如果提刀跨过，系统将使用【快速】进给速度，如果步进取为 0，系统将使用【切削】进给速度，通常可设【步进】与【切削】速度相等。

⑦【移刀】：设置刀具从一个切削区转移到另一个切削区作水平非切削运动时刀具的移动速度。刀具在跨越移动时首先提升到安全平面，然后横向移动，主要是防止刀具在移动过程中与工件相碰。

⑧【退刀】：设置刀具的退刀速度，即刀具从最终切削位置到退刀点之间的刀具移动速度。如果退刀为 0，若是线性退刀，系统将使用【快速】进给速度；若是圆弧退刀，系统使用“切削”进给速度。

⑨【离开】：设置离开速度，即刀具从加工部位退出时的移动速度。在钻孔和车槽时，分离速度影响表面粗糙度。

⑩【返回】：设置返回速度，即刀具退回到返回点的速度。如果返回为 0，系统将使用【快速】进给速度。

⑪【设置非切削单位】：设置所有非切削运动速度的单位，包括“无（系统自动计算）”、“mmpm（mm/min）”和“mmpr（mm/r）”等 3 种。

⑫【设置切削单位】：设置所有切削运动速度的单位，包括“无（系统自动计算）”、“mmpm（mm/min）”和“mmpr（mm/r）”等 3 种。

3.3　创建工序（操作）

在根据零件加工要求建立程序、几何、刀具和加工方法后，可在指定程序组下用合适刀具对已建立的几何对象用合适的加工方法建立加工操作。另外在没有建立程序、几何、刀具和加工方法的情况，可以通过引用模板提供的默认对象创建加工操作，但进入【操作】对话框需要指定几何、刀具和加工方法。

3.3.1　工序（操作）的概念

“操作”是 UG NX 10.0 数控加工中的重要概念。从数据的角度看，它是一个数据集，包含一个单一的刀具路径（刀轨）以及生成这个刀轨所需要的所有信息。“操作”中包含所有用于产生刀具路径的信息，如几何、刀具、加工余量、进给量、切削深度和进刀及退刀方式等，创建一个“操作”相当于产生一个工步。

UG NX 10.0 数控加工的主要工作就是创建一系列各种各样的“操作”，比如实现平面铣削加工的“平面铣操作”、主要用于实现粗加工的“型腔铣操作”、实现曲面精加工的各种“曲面轮廓铣操作”、实现钻加工的“操作”等。

3.3.2　创建工序步骤

在 UG NX 10.0 数控加工可创建的各种操作尽管类型不同，但创建操作的步骤基本相同。下面介绍各种操作创建的共同步骤如下：

1）单击【主页】选项卡上【插入】选项组的【创建工序】按钮，或打开【插入】菜单，单击【工序】命令，弹出【创建工序】对话框，如图 3-23 所示。

2）根据加工类型，在【类型】下拉列表框中选择合适的操作模板类型。在【类型】下来列表框中的操作模板类型就是 UG NX 加工环境中【CAM 设置】的操作模板类型。

3）在【工序子类型】选项组的图标中选择与表面加工要求相适应的操作模板。【工序子类型】图标随指定的操作模板类型不同而不同。

4）在【位置】选项组的设置操作的父级组。在【程序】下拉列表框中选择程序父组，指定新操作所用的程序组，在【刀具】下拉列表框中选择已创建的刀具，在【几何体】下拉列表框中选择已经

创建的几何组。在【方法】下拉列表框中选择已创建的方法。

5）在【名称】文本框中输入新建操作的名称。

6）单击【创建工序】对话框中的【确定】按钮，系统根据操作类型弹出相应的【工序】对话框，用户可以设定相应的加工操作参数。例如可变轴轮廓铣操作中，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 3-24 所示。



图 3-23 【创建工序】对话框



图 3-24 【可变轮廓铣】操作对话框

7）设定好操作参数后，单击相应【工序】对话框中的【操作】选项组的【生成】按钮，生成刀具路径。

8）单击相应【工序】对话框中的【确定】按钮，完成操作创建。此时，在【工序导航器】中所选程序父组下创建了指定名称的操作。

3.4 可变轴曲面轮廓铣

本节将讲述可变轴曲面轮廓铣原理以及参数设置。可变轴轮廓铣是 UG NX 10.0 五轴加工操作的核心，读者需要认真掌握。

3.4.1 可变轴曲面轮廓铣简介

可变轴曲面轮廓铣简称为变轴铣，是精加工轮廓曲面区域的加工方法，通过精确控制投影矢量、驱动方法和刀轴，使刀轨沿着非常复杂的轮廓曲面移动。在图 3-25 所示的面积驱动方法中，首先在选定的驱动曲面上创建驱动点阵列，然后沿指定的投影矢量将其投影到部件表面上，刀具定位到“部件表面”上的“接触点”，当刀具从一个接触点移动到另一个时，可使用刀尖的“输出刀位置点”来创建刀轨。图中，投影矢量和刀轴都是可变的，并且都定义为与驱动曲面垂直。

在不定义部件几何体时，在选定的驱动曲面上创建驱动点阵列，刀具将直接定位到已成为接触点的驱动点上，如图 3-26 所示。图中刀轴是可变的，并且定义为与驱动曲面垂直。

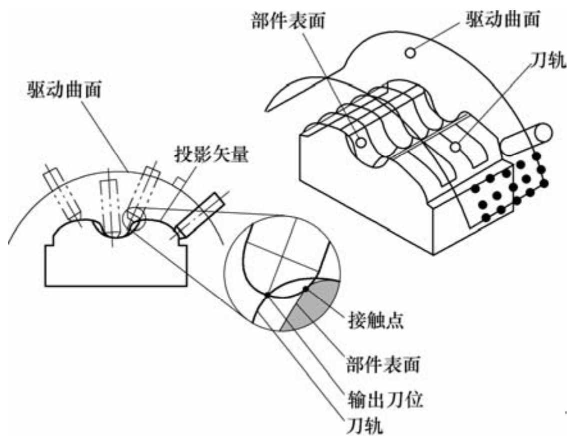


图 3-25 面积驱动方法的可变轴曲面轮廓铣原理

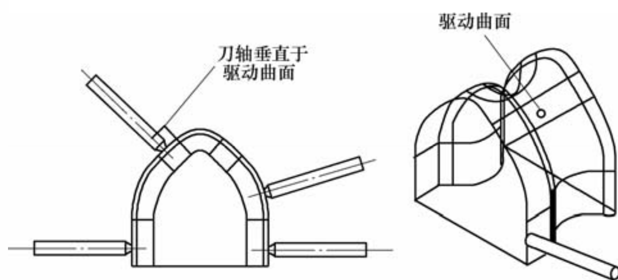


图 3-26 驱动曲面上的刀轨

3.4.2 驱动方法

“驱动方法”用于定义创建刀轨所需的驱动点，不同的驱动方法将以不同的形式创建驱动点。例如，“曲线/点驱动方法”可沿一条曲线创建一串驱动点，“边界驱动方法”可在边界内创建驱动点阵列。驱动点一旦定义，就可用于创建刀轨。如果没有选择“部件”几何体，则刀轨直接从“驱动点”创建，否则，驱动点将投影到部件表面以创建刀轨。

在 UG NX 10.0 可变轴曲面轮廓铣中提供 8 种驱动方法，如图 3-27 所示。



图 3-27 可变轴曲面轮廓铣驱动方法

3.4.2.1 曲线/点驱动方法

1．曲线/点驱动方法介绍

曲线/点驱动方法通过指定点或选择曲线来定义驱动几何，刀具跟随驱动几何走刀生成刀轨。

（1）点驱动方式 指定点作为驱动几何时，驱动路径是指定点之间指定顺序的直线段。如图 3-28 所示，顺序选择 1、2、3、4 四个驱动点，从指定的第一点开始，沿指定顺序依次以直线连接生成驱动路径，并沿投影矢量的方向投影到部件几何体的表面生成刀具轨迹。同一点可以指定多次，如可以通过将同一个点定义为序列中的第一点和最后一点，从而形成封闭的驱动路径。

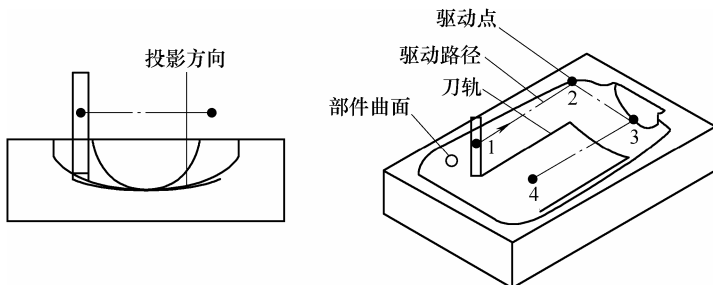


图 3-28 点驱动方式

（注意）点驱动方式中，如果仅指定了一个驱动点，那么投影后在部件几何上只定义一个位置，不会生成刀轨，而且会显示一个错误信息。

（2）曲线驱动方式　选择曲线作为驱动几何，驱动点沿指定曲线生成，所选曲线可以是封闭的，也可以是连续的。刀具沿驱动曲线移动，投影到部件几何上生成刀轨，如图 3-29 所示。

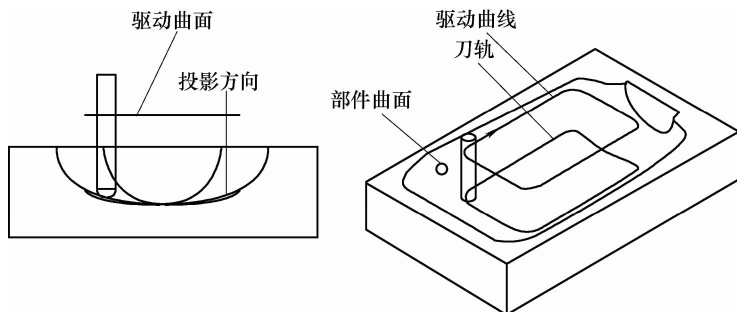


图 3-29　曲线驱动方式

注意 曲线驱动方式中所选择的曲线可以是平面曲线，也可以是空间曲线，系统将按照固定轴的矢量将驱动曲线投影到曲面上。选择曲线靠近选择点的一端作为轨迹的起点，曲线驱动适合于在曲面上刻线。

选择点或曲线作为驱动几何后，会在图形窗口中显示一个矢量方向，表示默认的切削方向。对于开口曲线，靠近选择点的曲线的端点是刀具路径开始点；对于封闭曲线，开始点和切削方向由选择段的次序决定。在曲线与点方法中，有时可以使用负的余量值，以便于刀具切削到被选部件几何表面里面，如图 3-30 所示。

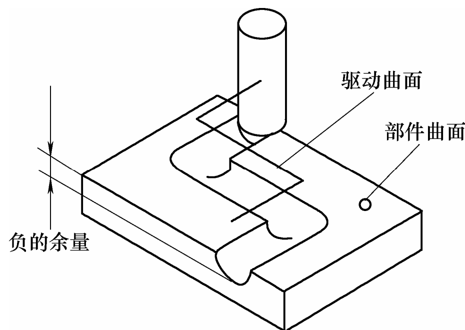


图 3-30　负部件余量示意图

2．曲线/点驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【曲线/点】选项，弹出【曲线/点驱动方法】对话框，如图 3-31 所示。

【曲线/点驱动方法】对话框用于设置驱动几何和相关的参数，各参数含义如下：

（1）驱动几何体

①【选择曲线】：用于定义“曲线/点驱动方式”的驱动几何体。单击【点构造器】按钮，弹出【点】对话框，可选择或创建点作为驱动几何体；单击【曲线】按钮，可选择曲线作为驱动几何体。

②【反向】：单击【反向】按钮，反转活动驱动集的方向。

③【定制切削进给率】：自定义进给率。为每一驱动组或驱动点指定进给率和进给率单位，如图 3-32 所示。在指定时首先在【列表】框中选择驱动组，然后勾选【定制切削进给率】复选框，并在【定制进给率】文本框中输入进给率值。

④【列表】：列表显示指定的驱动集，并允许删除不需要的集。通过使用上移和下移箭头，可以更改驱动集在列表中的次序。



图 3-31 【曲线/点驱动方法】对话框



图 3-32　定制切削进给率示意图

（2）驱动设置　【驱动设置】选项组的【切削步长】下拉列表框中的选项用于控制沿驱动曲线两驱动点之间的距离，驱动点之间越靠近，则刀轨越光顺，包括以下 2 个选项：

①【公差】：用于指定驱动曲线之间允许的最大垂直距离（法向距离）和两个连续点间直线的延伸度，如图 3-33 所示。当法向距离不超过指定的公差值时，则生成“驱动点”。

②【数量】：通过设置沿驱动曲线生成的驱动点的最小数目来控制切削步长。输入的数值越大，生成的驱动点越多，反之生成的驱动点越少。如果指定的驱动点数目较少，系统会自动生成一些驱动点，以使刀轨按照指定的“工件表面内公差/外公差”值沿着“工件表面轮廓”移动，以保证符合工件表面内公差/外公差的加工要求。

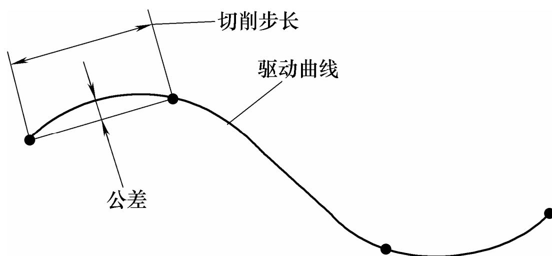


图 3-33　公差定义切削步长

（3）预览　单击【显示】按钮，显示用于构成刀具轨迹的驱动路径。

3.4.2.2　螺旋式驱动方法

1．**螺旋式驱动方法介绍**

螺旋式驱动方法是从指定的中心点向外创建螺旋状的“驱动点”，驱动点在垂直于投影矢量并包含中心点的平面上创建，然后“驱动点”沿着投影矢量投影到所选择的部件表面上，如图 3-34 所示。

(注意) 与其他“驱动方法”不同，螺旋式驱动方法创建的刀具路径，在从一刀切削路径向下一刀切削路径过渡时，没有横向进刀，也就不存在切削方向上的突变，而且光顺、稳定的向外过渡，特别适用于高速加工。

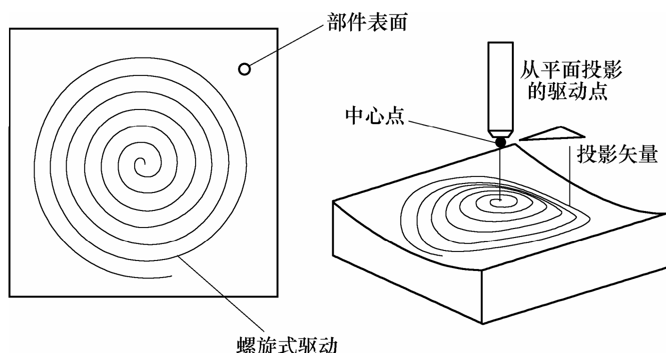


图 3-34 螺旋式驱动方法

2．螺旋式驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【螺旋式】选项，弹出【螺旋式驱动方法】对话框，如图 3-35 所示。



图 3-35 【螺旋式驱动方法】对话框

（1）驱动设置

1）【指定点】：用于指定螺旋线的中心，它是刀具开始切削的位置。如果不指定中心点，则系统使用“绝对坐标系”的点（0，0，0）。如果“中心点”不在“部件表面”上，它将沿着已定义的“投影矢量”移动到“部件表面”上。单击“点构造器”按钮，弹出“点”对话框，可选择点作为螺旋中心点。

2）【最大螺旋半径】：用于定义螺旋线半径的最大值，通过指定“最大螺旋半径”来限制要加工的区域。最大螺旋半径在垂直于“投影矢量”的平面上测量，如图 3-36 所示。如果指定的半径包含在零件表面内，则退刀之前刀具的中心按最大螺旋半径定位，否则如果指定的半径超出了零件表面，则刀具继续切削，直到它不能再定位到零件表面上为止，然后退刀，接着再次进刀切削，加工完所有零件表面。

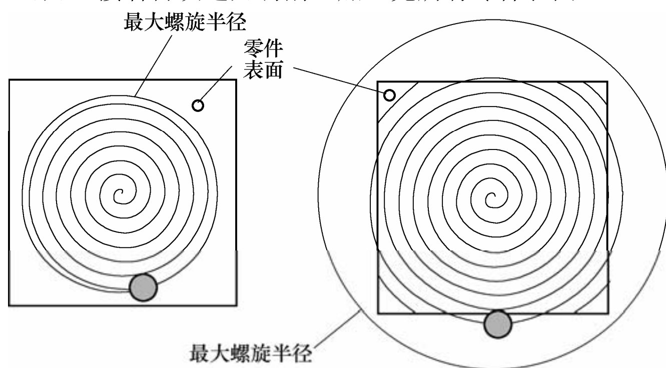


图 3-36 最大螺旋半径示意图

3）【步距】：用于指定连续切削刀路之间的距离，如图 3-37 所示。步距的设置方式包括“恒定”和“刀具平直百分比”等两种。

① 恒定：在连续的切削刀路间指定固定距离，此选项类似于“平面铣”和“型腔铣”中的“恒定”选项。

② 刀具平直百分比：根据有效刀具直径的百分比定义步距。

4）【切削方向】：用于根据主轴的旋转方向定义“驱动轨迹”切削的方向，包括“顺铣”和“逆

铣”两种，如图 3-38 所示。

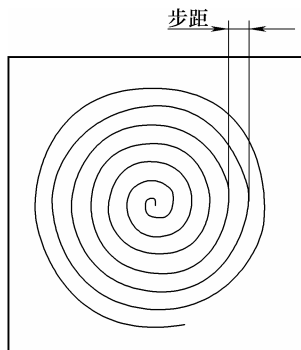


图 3-37　螺旋式驱动的步距



图 3-38　顺铣和逆铣示意图

（2）预览　单击【显示】按钮，显示用于构成刀具轨迹的驱动路径。

3.4.2.3　边界驱动方法

1．边界驱动方法简介

边界驱动方法是通过指定“边界”和“环”定义切削区域，“环”必须与外部“工件表面”边缘相应，而“边界”与“工件表面”的形状和大小无关，切削区域由“边界”“环”或二者的组合来定义。将已定义的切削区域内“驱动点”按照指定的“投影矢量”的方向投影到“工件表面”，这样就可以生成“刀轨”，如图 3-39 所示。

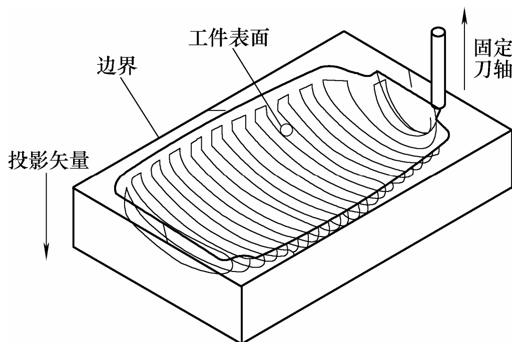


图 3-39　边界驱动方法

2．边界驱动方法参数

在【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【边界】选项，弹出【边界驱动方法】对话框，如图 3-40a 所示。

（1）驱动几何体　用于定义和编辑用来定义“驱动几何体”的边界，通常由一系列曲线、现有的永久边界、点或面构成，用来定义切削区域以及岛和腔的外形。

单击【驱动几何体】选项组的【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【边界几何体】对话框，利用该对话框可选择驱动边界，如图 3-41 所示。

【模式】下拉列表框里包括“边界”“曲线/边”“面”和“点”4 种模式，下面介绍常用的后三种方式。

① 曲线/边。“曲线/边”模式通过选择已经存在的曲线或曲面边缘来创建边界。在【模式】下拉列表框中选择【曲线/边】选项，弹出【创建边界】对话框，如图 3-42 所示。

1）【类型】：用于指定要创建的边界为“开放的”或“封闭的”。封闭边界定义一个区域，而开放边界定义的是一个轨迹。封闭边界使用同一个点定义第一段的起点和最后一段的终点；而开放边界不使用同一个点定义第一段的起点和最后一段的终点。



a）



b）

图 3-40 【边界驱动方法】对话框



图 3-41 【边界几何体】对话框



图 3-42 【创建边界】对话框

2）【刨】：用于定义所选择几何体曲线或边缘将投影到创建的平面，包括以下两个选项：

a 自动：边界平面由选择的几何体来决定。如果选择的所有边界都在一个平面上，则指定的平面就是边界所在的平面。如果选择的边界不在一个平面，则将会投影到由前两个边界所在的平面，如图 3-43 所示。

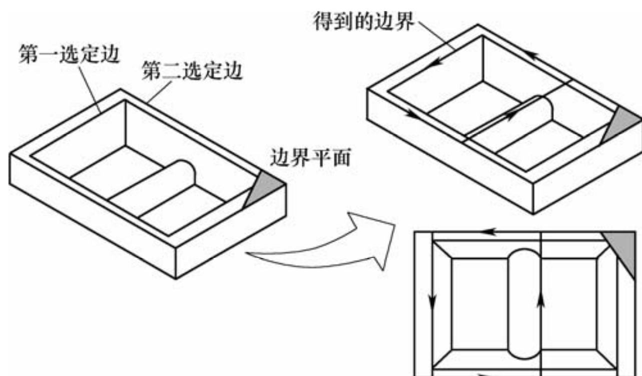


图 3-43　自动定义边界平面

b 用户定义：当选择【平面】类型下【用户定义】时，在弹出的【刨】对话框中指定边界平面，如图 3-44 所示。

（注意）当系统无法根据选择的曲线或边缘定义出投影平面时，则将 *XC-YC* 平面作为投影平面。

3）【材料侧】：用于指定加工时保留哪一边的材料。

当【类型】选择为封闭时，【材料侧】下拉列表可选择“内部”和“外部”：

a 内部：保留边界内侧的材料。

b 外部：保留边界外部的材料。

当“类型”选择为打开时，“材料侧”下拉列表可选择“左”和“右”：

a 左：加工时保留沿边界串联方向的左侧材料。

b 右：加工时保留沿边界串联方向的右侧材料。



图 3-44 【平面】对话框

4）【刀具位置】：刀具位置用于指定刀具接近边界时的位置。选择曲线或边缘定义边界时，针对边界的每一个成员，必须定义刀具的接触位置选项，包括“对中”“相切”或“接触”，如图 3-45 所示。

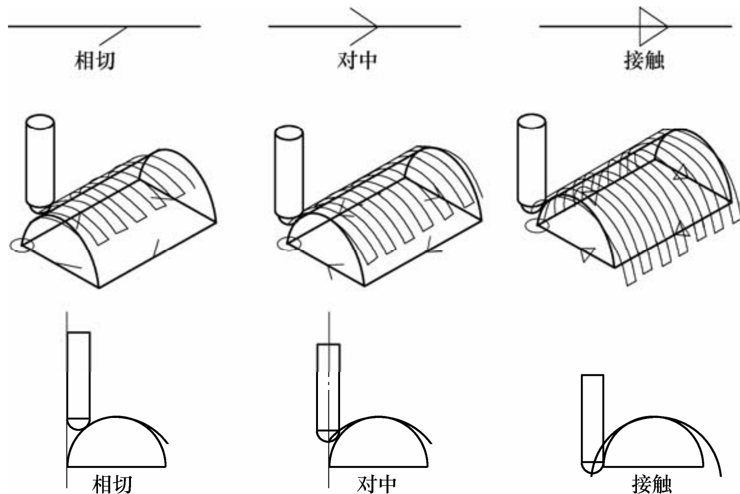


图 3-45　刀具位置方式

注意 每个边界的起点都用一个小圆圈来表示，该圆圈位于离定义边界时选择第一个对象时光标选择位置最近的那一端点，如图 3-46 所示。

②“面”模式。选择模型的平面，以平面的所有边界曲线作为部件边界，该模式是系统默认的边界选择模式。在【模式】下拉列表框中选择【面】选项，如图 3-47 所示。

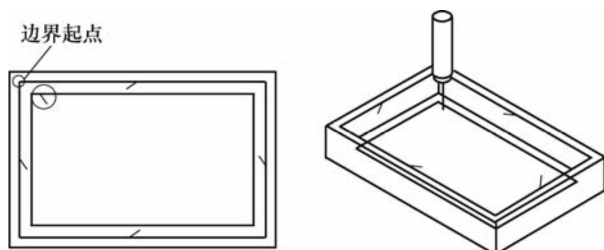


图 3-46 边界起点



图 3-47 【边界几何体】对话框

【边界几何体】对话框中相关选项含义如下：

1）【名称】：通过输入表面的名称来选择这些对象。因为一般不会给这些对象预先指定名称属性，所以通常不使用这种方法选取对象。

2）【列出边界】：用于列出先前创建的边界的名称。

3）【材料侧】：用于指定保留边界哪一侧材料，包括两个选项：“内部”和“外部”。

a 内部：保留边界内侧的材料。

b 外部：保留边界外部的材料。

注意 一般来说，在连续选择多个平面作为铣削边界时，选择“材料侧”为“内部”。

4）【几何体类型】：显示当前定义的边界是零件几何还是毛坯几何。

5）【忽略孔】【忽略岛】和【忽略倒斜角】：当选择“面边界”时，设置“忽略孔”“忽略岛”和“忽略倒斜角”等选项，该相关选项的含义如下：

a 忽略孔：勾选【忽略孔】复选框，在所选平面上产生边界时忽略平面上包含的孔，即在孔的边缘处不产生边界，如图 3-48 所示。

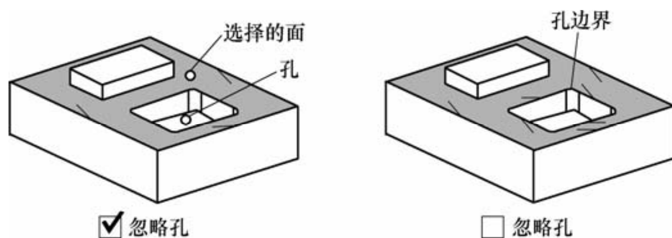


图 3-48 忽略孔示意图

b 忽略岛：勾选【忽略岛】复选框，在所选平面上产生边界时忽略平面上包含的孤岛，即在孤岛

的边缘处不生成边界，所谓孤岛是指平面上的凸台、凹坑和台阶等，如图 3-49 所示。

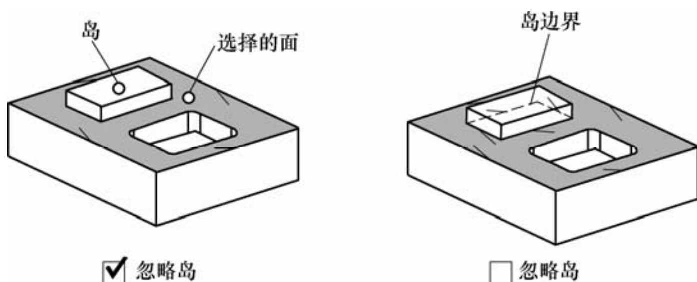


图 3-49　忽略岛示意图

c 忽略倒斜角：勾选【忽略倒斜角】复选框，在所选平面上产生边界时忽略平面上包含的倒角，在倒角的两个相邻表面的交线处创建边界，如图 3-50 所示。

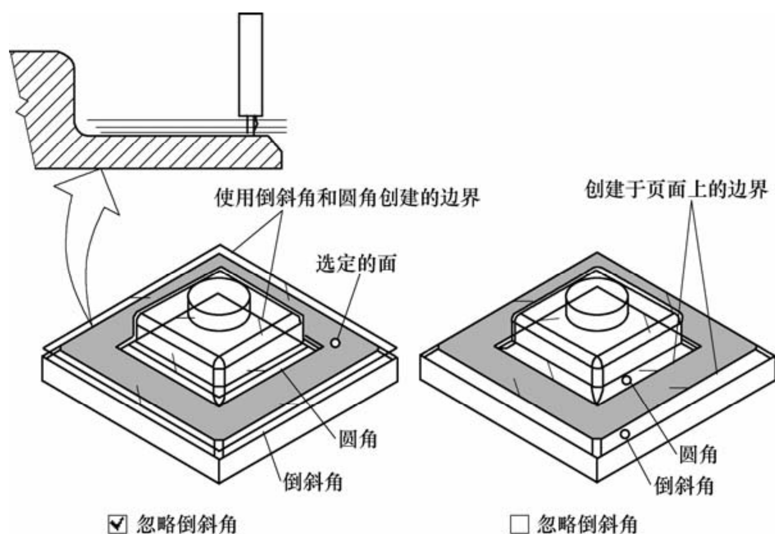


图 3-50　忽略倒斜角示意图

6)【凸边】和【凹边】：用于控制沿着选定面的凸边和凹边出现的边界成员的刀具位置，如图 3-51 所示。包括“相切”和“对中”两个选项。

a 相切：刀具定位到与边界成员相切的位置。

b 对中：允许刀具中心定位到边界成员上。

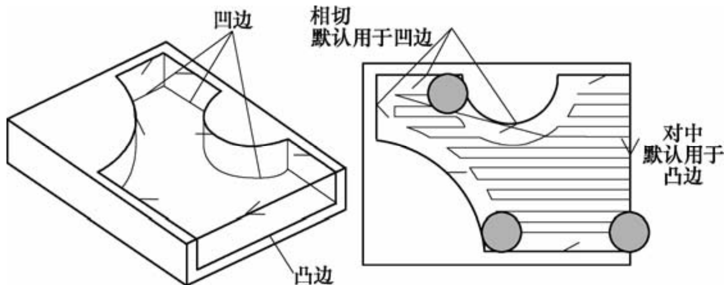


图 3-51　凸边和凹边示意图

(注意) 在加工中，由于凸边通常为开放区域，一般设置为“对中”，这样可以完全切除凸边处的材料；一般凹边设置为“相切”，以清除内角凹边处的材料。

7)【移除上一个】：在创建边界的过程中可通过单击【移除上一个】按钮立即取消已选取的边界。

③“点”模式。点模式通过顺序选择定义点，以直线连接定义点来定义边界。在【模式】下拉列表框中选择【点】选项，如图 3-52 所示。



图 3-52 【创建边界】对话框

选取图 3-53 所示的点序列（1、2、3、…、7）确定起点和前进方向，则创建边界。

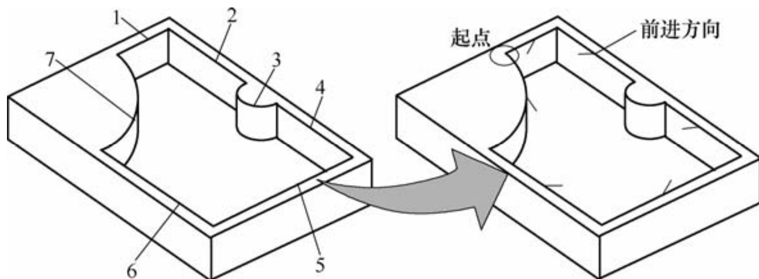


图 3-53 由点创建边界

（2）公差 “边界内公差”与“边界外公差”用于指定刀具偏离实际边界的最大距离。公差值越小，刀具偏离路径距离越小，切削越精确，但系统计算时间越长。

（3）偏置 通过指定偏置值来控制边界上遗留的材料量。若边界接触位置参数为“对中”，则不能应用边界余量。

（4）空间范围 空间范围通过沿着所选部件表面和表面区域的外部边缘创建环来定义切削区域。“环”类似于边界，因为它们都可定义切削区域。但环与边界不同的是，环是在部件表面上直接生成的而且无须投影。图 3-54 表示由零件的所有外边缘定义 3 个环形成的切削区域。（对话框见图 3-40b）

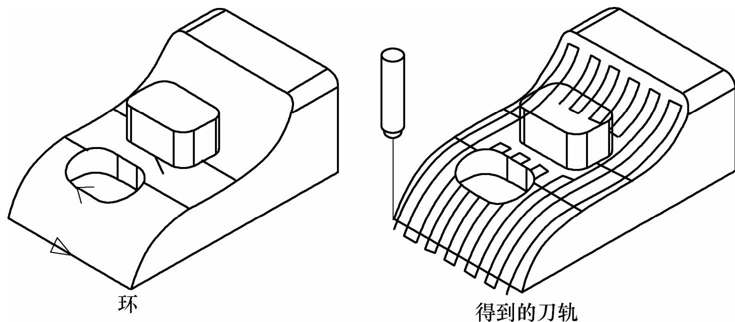


图 3-54 沿着部件表面所有外部边缘的环

①【无】：不用环来定义切削区域。

②【最大的环】：使用工件中最大封闭区域的环来定义切削区域，如图 3-55 所示。

③【所有环】：使用工件中的所有封闭区域的环来定义切削区域，如图 3-55 所示。

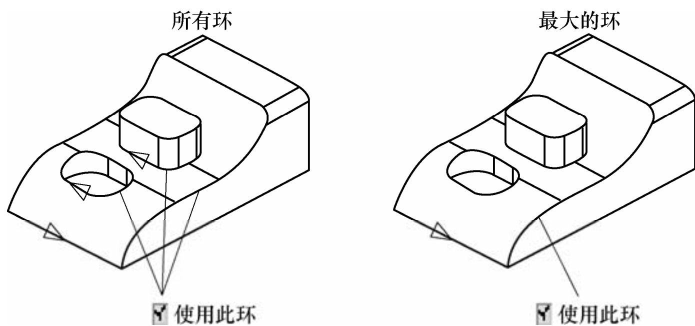


图 3-55　所有环与最大的环

（5）驱动设置

①【切削模式】：用于定义刀轨的形状。共计有 15 种切削模式，下面仅介绍常用的几种：

1）跟随周边：跟随周边用于产生一系列同心封闭的环形刀轨，这些刀轨的形状是通过偏移切削区的外轮廓获得的，如图 3-56 所示。

2）单向：单向走刀用于产生一系列单向的平行线性刀轨，相邻两个刀具路径之间都是顺铣或逆铣，如图 3-57 所示。

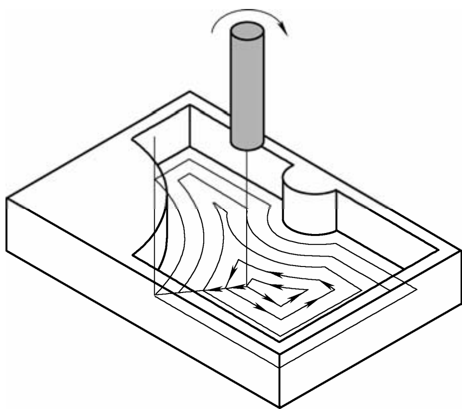


图 3-56　跟随周边

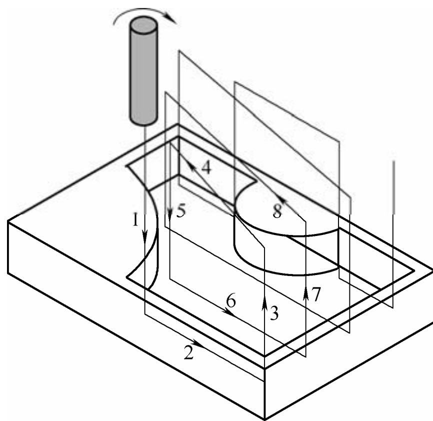


图 3-57　单向走刀

3）往复：往复式走刀用于产生一系列平行连续的线性往复刀轨，是最经济省时的切削方法，特别适合于粗铣加工，如图 3-58 所示。

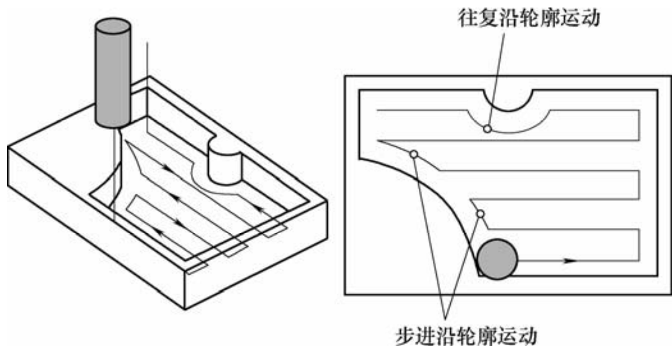


图 3-58　往复式走刀

②【切削方向】：顺铣和逆铣允许根据主轴旋转定义“驱动轨迹”切削的方向，与“螺旋式驱动方式”相同，仅可用于单向、“单向轮廓”和“单向步进”切削类型。

③【步距】：用于定义连续相邻两次进给之间的距离。

④【剖削角】：用于指定切削旋转角度，该角是刀轨相对于 *WCS* 的 *XC* 轴的方向，如图 3-59 所示。

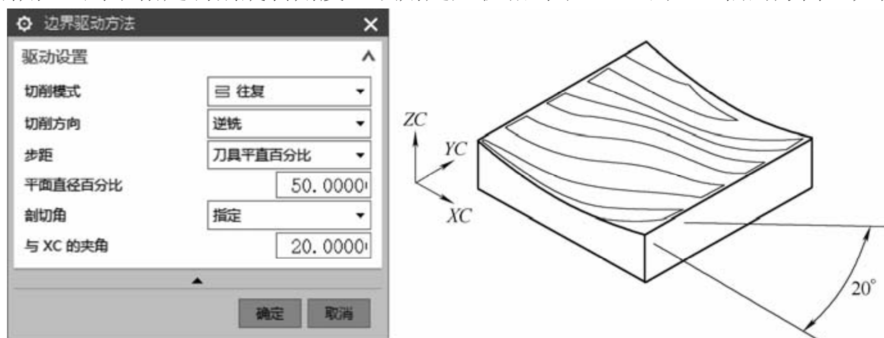


图 3-59　剖削角示意图

⑤【附加刀路】：附加进给次数。在“轮廓铣”和“标准”切削模式中，可指定一次或多次附加进给，如图 3-60 所示。

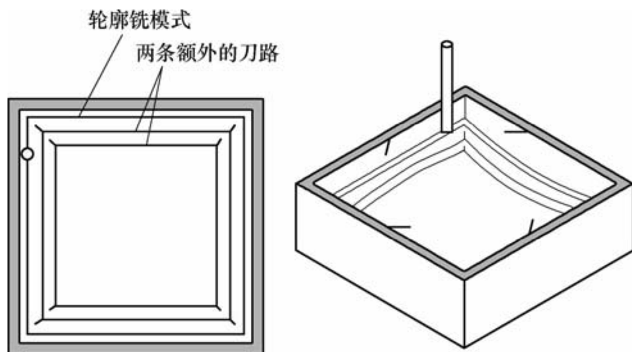


图 3-60　附加刀路

（6）更多

①【区域连接】：在同一切削层的可加工区内可能因岛屿、窄通道的存在等因素导致形成多个子切削区域。勾选该选项，只在必要的情况下，刀具从前一个子区退刀，到下一个子区进刀。否则，在子区之间跨越时，刀具一定会退刀，以保证不会过切工件，如图 3-61 所示。只能用于“跟随周边”和“轮廓加工”之中。

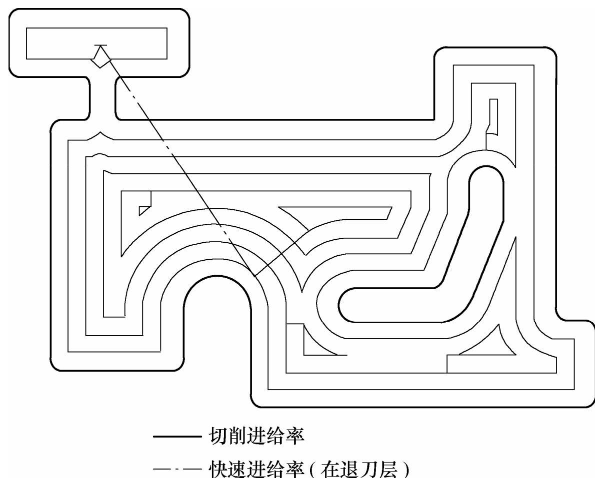


图 3-61　区域连接

②【边界逼近】：当做粗加工时，仿形零件曲线边界的曲线刀轨没有必要精确对应边界的形状，可以用多边形刀轨替代，以减少处理时间和数据。勾选【边界逼近】复选框，从靠近边界的第二刀开始，曲线刀轨变粗糙，如图 3-62 所示。

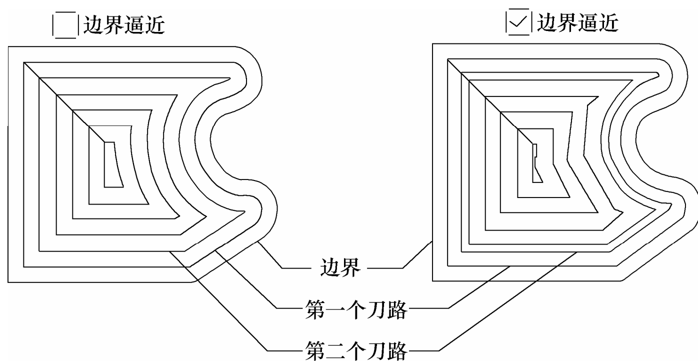


图 3-62　边界逼近

③【岛清理】：用于“跟随周边”和“轮廓铣”走刀方式。环绕岛的周围增加一次走刀，以清除岛侧面周围残留下来的材料，如图 3-63 所示。

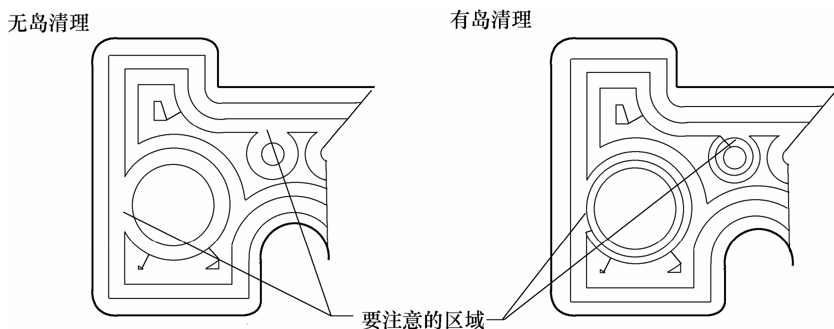


图 3-63　岛清理

④【壁清理】：当应用单向切削、往复切削以及跟随周边切削方法时，用周壁清理可以清理零件壁后或者岛屿壁上的残留材料。它是在切削完每一个切削层后插入一个轮廓铣轨迹来进行的。使用壁清理，就可以使用大直径刀具做粗加工，不用担心侧面太粗糙，因此壁清理一般还是用来解决粗加工任务的。包括以下 4 个选项：

1）无：不进行零件的侧壁清理。

2）在起点：表示在每个切削层开始的第一刀作清理，即刀具在切削时，首先沿零件的侧壁产生一条刀具路径进行侧壁清理，再进行层的切削。

3）在终点：表示在每个切削层开始的最后一刀作清理，即刀具在切削时，首先进行层的切削，再沿零件的侧壁产生一条刀具路径进行侧壁清理。

4）自动：在切削过程中，系统根据实际情况自动判断零件的清壁是在层切前还是层切后。

⑤【切削区域】：用于定义切削区域的起点和在绘图区显示切削区域。在【边界驱动方法】对话框中单击【切削区域】按钮，弹出【切削区域选项】对话框，如图 3-64 所示。



图 3-64 【切削区域选项】对话框

该对话框由“切削区域起点”和“切削区域显示选项”

两个部分组成，它们含义如下：

1）切削区域起点：用于定义刀具开始切削的大概位置。如果选择“定制”方式，用户定义“起点”不必定义精确的起始位置，而只是定义开始切削的大致区域。系统根据“起点”位置、指定的“切削类型”和切削区域的形状定义精确的起始位置；如果选择“自动”方式，系统自动为切削区域定义一个“起点”。

2）切削区域显示选项：由四个选项组成，它们可以以任何需要的组合形式使用，用于定义切削区域如何以图形方式显示。“刀具末端”是指在零件表面上跟踪刀尖位置建立临时显示曲线，而不管刀具是否实际在零件表面上。

（7）预览　单击【显示】按钮，显示用于构成刀具轨迹的驱动路径。驱动路径将沿刀轴方向临时投影到 *WCS* 平面或边界建立的平面上显示出来。

3.4.2.4　曲面驱动方法

1．曲面驱动方法介绍

曲面驱动又称为曲面区域驱动，可创建一个位于“驱动曲面”栅格内的“驱动点”阵列，然后将驱动点按指定的“投影矢量”的方向投影到“部件表面”上创建刀轨，如图 3-65 所示。由于曲面驱动方法对刀轴以及驱动点的投影矢量提供了附加控制选项，因此常用于可变轴切削加工复杂曲面。

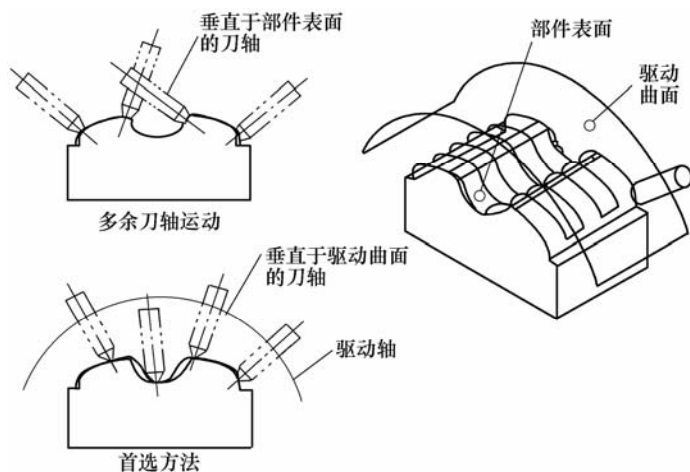


图 3-65　曲面驱动方法

如果未定义“部件表面”，则可直接在“驱动曲面”上创建刀轨。“驱动曲面”不必是平面，但是其栅格必须按一定的栅格行序或列序进行排列，相邻的曲面必须共享一条公共边，且不能包含超出在“首选项”中定义的“链公差”的缝隙，如图 3-66 所示。

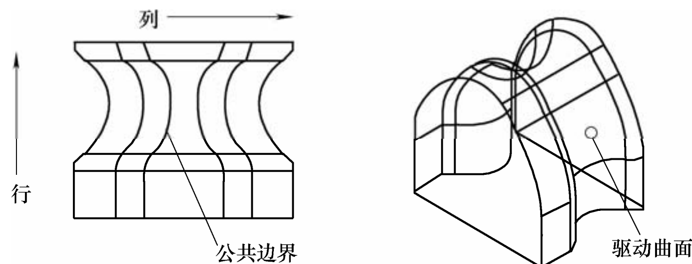


图 3-66　行和列均匀排列的矩形栅格

必须按有序序列选择“驱动曲面”，不能随机选择。选择完第一行后，必须指定选择下一行，必

须按与第一行相同的顺序选择曲面的第二行和所有的后续行，如图 3-67 所示。

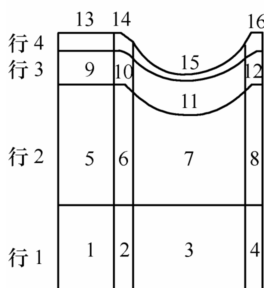
2．曲面驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【曲面】选项，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 3-68 所示。

（1）驱动几何体　用于定义驱动几何体，包括以下选项：

①【指定驱动几何体】：单击【指定或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，用户可选择实体表面和片体作为驱动曲面。

②【切削区域】：用于设置驱动曲面总面积的多少用于加工操作，包括“面积%”和“对角点”两个选项：



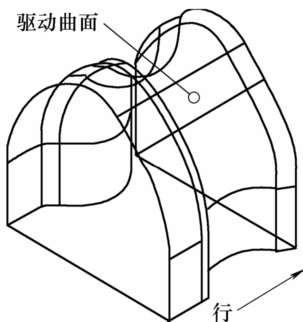


图 3-67　驱动曲面选择序列



图 3-68　【曲面区域驱动方法】对话框

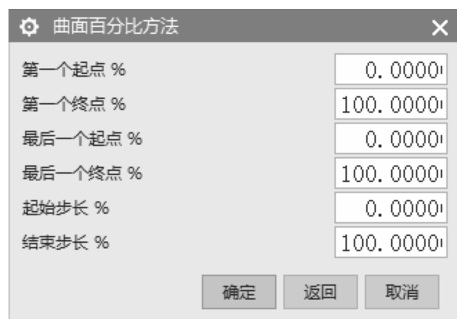
1）面积%：选择“面积%”选项，弹出【曲面百分比方法】对话框，如图 3-69 所示。该对话框中所有起点的位置均为 0%，若为负值，则扩展切削区域到表面起始边缘以外，若为正值，则缩小切削区域；所有终点的位置均为 100%，若小于 100%，则缩小切削区域，若大于 100%，则扩展切削区域到表面终止边缘以外，如图 3-70 所示。

2）对角点：从驱动曲面的选定表面上指定两个对角点来确定切削区域。如图 3-71 所示。

③【刀具位置】：用于定义刀具与部件表面的接触点位置，包括以下两个选项，如图 3-72 所示：

1）相切：将刀具定位为与驱动曲面相切，然后沿投影矢量投影以创建部件表面接触点。

2）对中：将刀尖直接定位到驱动点，然后沿投影矢量投影以创建部件表面接触点。



第一个起点 %	0.0000
第一个终点 %	100.0000
最后一个起点 %	0.0000
最后一个终点 %	100.0000
起始步长 %	0.0000
结束步长 %	100.0000

图 3-69 【曲面百分比方法】对话框

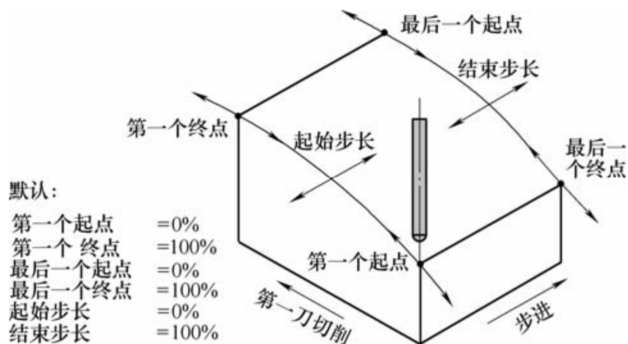


图 3-70 曲面百分比参数含义

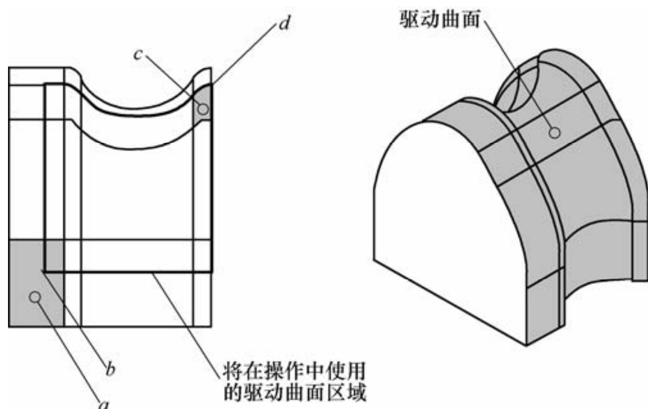


图 3-71 对角点定义切削区域

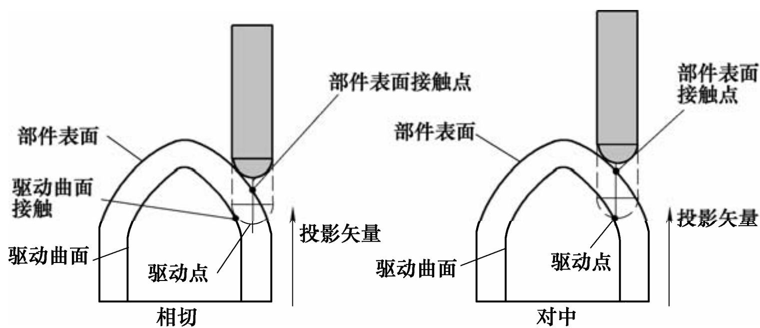


图 3-72 “相切”和“对中”刀具位置

④【切削方向】：用于指定切削方向和第一刀开始的区域。单击【切削方向】按钮，系统的驱动曲面四角将出现成对矢量箭头，单击鼠标选择一个即可确定切削方向以及刀具开始切削的位置，如图 3-73 所示。

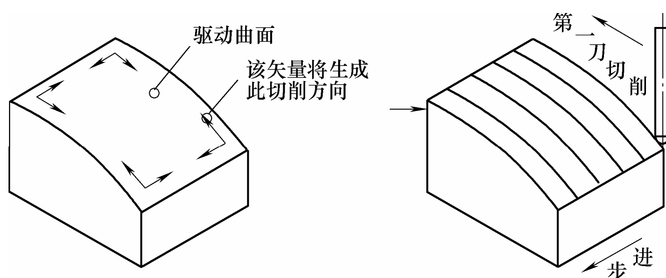


图 3-73 切削方向

⑤【材料反向】：用于将材料侧的矢量方向反向。“材料侧”法矢必须指向要移除的材料，并且远离刀具不能触碰的那一侧，如图 3-74 所示。

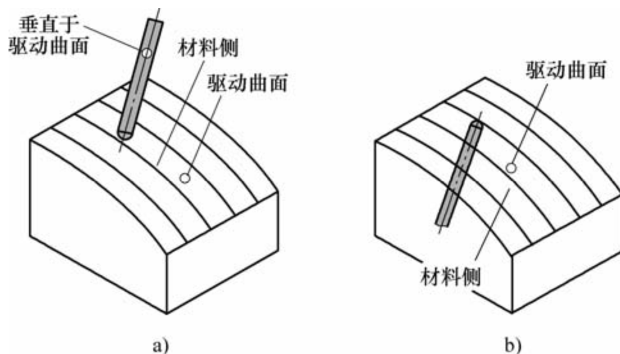


图 3-74　材料侧矢量

a）正确　b）不正确

（2）偏置　【曲面偏置】用于指定沿曲面法向，使“驱动点”偏置指定的距离。

（3）驱动设置

①【切削模式】：用于定义刀轨的形状，其含义与“边界驱动”中“切削模式”基本相同。

②【步距】：控制连续切削刀路之间的距离，包括“数量”和“残余高度”两个选项，如图 3-75 所示。

③【显示接触点】：显示生成的各驱动点的曲面法矢。

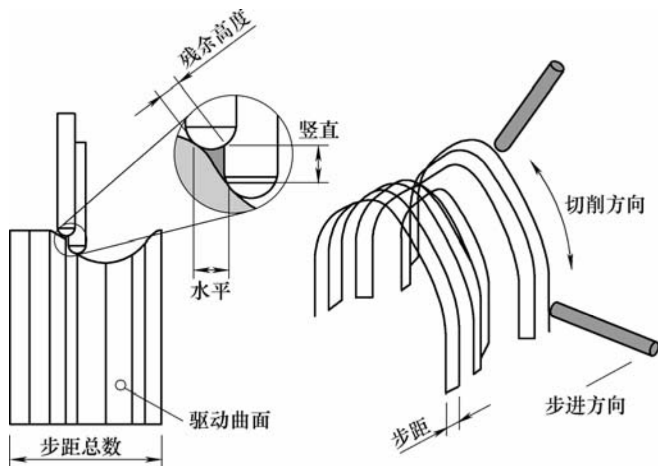


图 3-75　步距

（4）更多

①【切削步长】：用于确定沿切削方向上相邻两驱动点之间的距离，用以确定加工的精确程度，如图 3-76 所示。

②【过切时】：用于指定切削移动期间，刀具过切驱动曲面体时的响应方式，在【过切时】下拉列表框中提供了“无”“警告”“跳过”“退刀”4 种方式。

（5）预览　单击【显示】按钮，显示用于构成刀具轨迹的驱动路径。

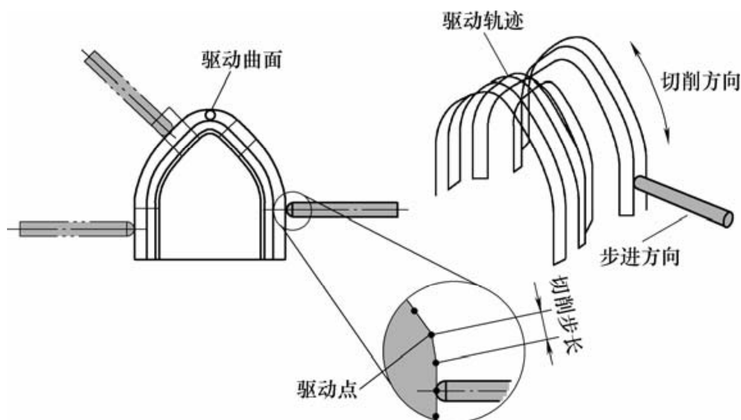


图 3-76 切削步长

3.4.2.5 流线驱动方法

1．流线驱动方法介绍

流线驱动方法是指根据选中的几何体来构建隐式驱动曲面，可灵活地创建刀轨。

2．流线驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【流线】选项，弹出【流线驱动方法】对话框，如图 3-77 所示。



图 3-77 【流线驱动方法】对话框

【流线驱动方法】对话框中的相关选项含义与【曲面区域驱动方法】基本相同，不同的是“流曲线”和“交叉曲线”。

①【流曲线】：用于选择的第一组线串。选择一条之后单击一下鼠标中键确认。需要注意的是选择流线串时，各个流线串的箭头方向要保持一致。

②【交叉曲线】：用于选择的第二组线串。选择一条之后单击一下鼠标中键确认。

3.4.2.6 刀轨驱动方法

1．刀轨驱动方法简介

刀轨驱动方法用于沿着“刀位置源文件”（CLSF）的“刀轨”定义“驱动点”，从在当前操作中创建一个类似“曲面轮廓铣刀轨”的刀轨。“驱动点”沿着现有的“刀轨”生成，然后投影到所选的“部件表面”上以创建新的刀轨，新的刀轨是沿着曲面轮廓形成的。“驱动点”投影到“部件表面”上时所遵循的方向由“投影矢量”确定。

使用“平面铣”和“轮廓铣”切削类型创建“刀轨”，如图 3-78 所示。

“刀轨驱动方法”操作从“平面铣”操作创建的刀轨已按照“投影矢量”的方向投影到轮廓化的“部件表面”上，以便创建“曲面轮廓铣刀轨”，如图 3-79 所示。

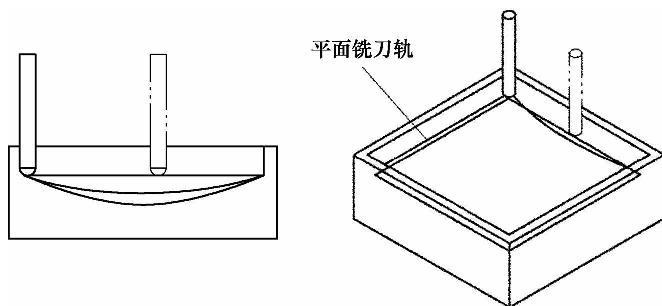


图 3-78　平面铣的轮廓切削

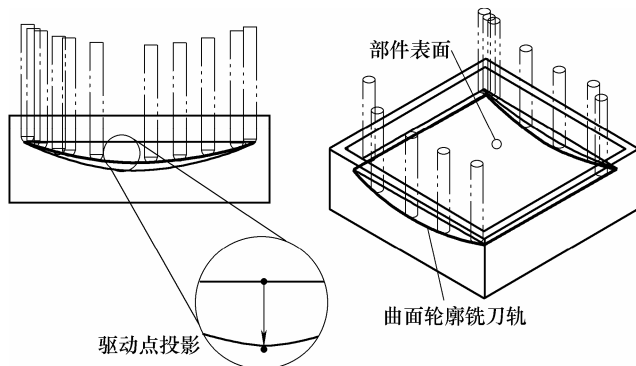


图 3-79　使用刀轨驱动方法的曲面轮廓铣

2．刀轨驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【刀轨】选项，弹出【指定 CLSF】对话框，如图 3-80 所示。

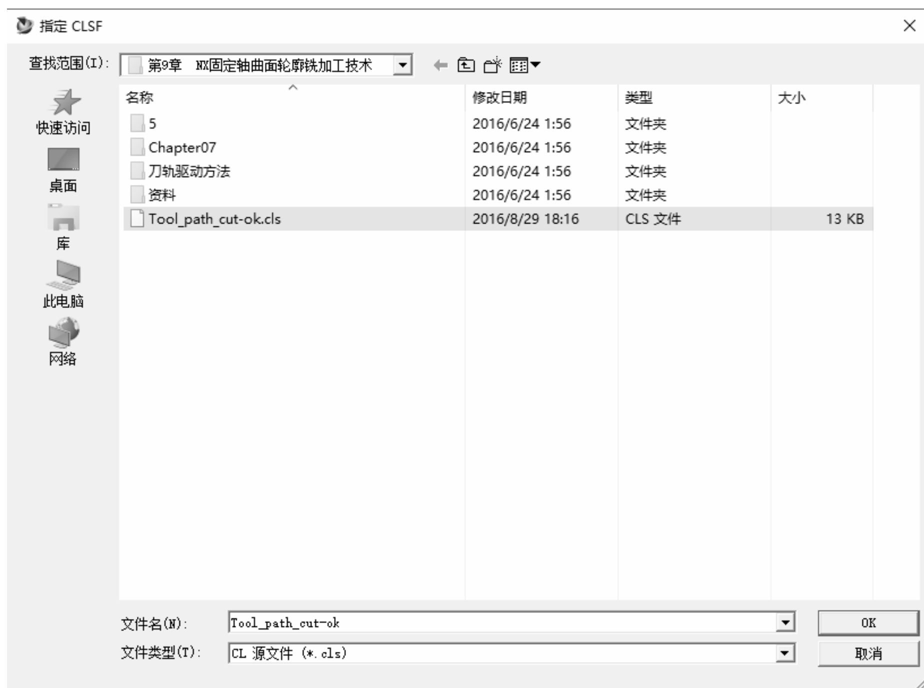


图 3-80　【指定 CLSF】对话框

选择合适的刀轨后，单击【OK】按钮，弹出【刀轨驱动方法】对话框，如图 3-81 所示。



图 3-81 【刀轨驱动方法】对话框

（1）【CLSF 中的刀轨】 刀轨窗口列出与所选的 CLSF 相关联的刀轨，即将选择希望投影的刀轨。此列表只允许一个选择。要取消选择，按 shift 键。

（2）【重播】 【重播】允许查看所选的刀轨，用于显式验证是否已经选择了正确的刀轨。

（3）【列表】 【列表】显示了一个“信息窗口”，该窗口中以文本格式显示了所选的刀轨。

（4）【按进给率划分的运动类型】 “按进给率划分的运动类型”窗口列出与所选刀轨中的各种切削和非切削移动相关联的进给率，用于根据关联的进给率指定刀轨的哪一段将投影到“驱动几何体”上。

3.4.2.7 径向切削驱动方法

1．径向切削驱动方法介绍

径向切削驱动方法使用指定的“步距”“带宽”和“切削类型”生成沿着并垂直于给定边界的“驱动轨迹”，如图 3-82 所示。该驱动方法可用于创建清根操作。

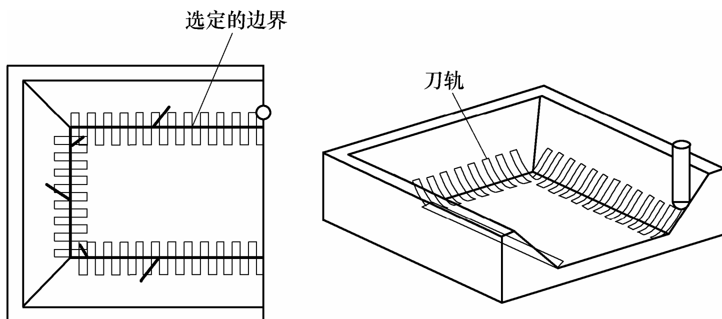


图 3-82 径向切削驱动方法

2．径向切削驱动方法参数

在【可变轮廓铣】对话框的【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选择【径向切削】选项，弹出【径向切削驱动方法】对话框，如图 3-83 所示。

（1）【驱动几何体】 用于定义径向边界或临时边界，通过指定的边界和“带宽”来定义切削的

区域。单击【选择或编辑驱动几何体】按钮，系统弹出【临时边界】对话框，如图 3-84 所示。



图 3-83 【径向切削驱动方法】对话框



图 3-84 【临时边界】对话框

（2）【驱动设置】

①【切削类型】：用于定义刀具从一个切削刀路移动到下一个切削刀路的方式，包括“往复”和“单向”选项，如图 3-85 所示。

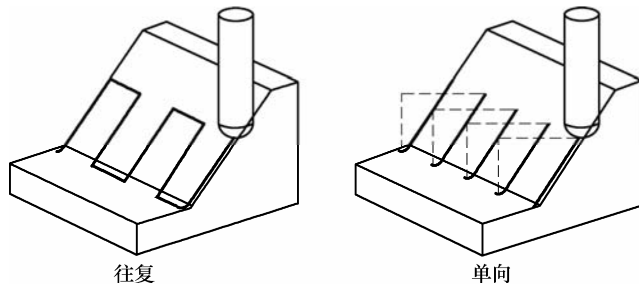


图 3-85　径向切削驱动方法的往复和单向

②【步距】：用于指定连续的“驱动轨迹”之间的距离。

③ 条带：用于定义在边界平面上测量的加工区域的总宽度。带宽是“材料侧的条带”和“另一侧的条带”值的总和。“材料侧”是从按照边界指示符的方向看过去的边界右手侧；“另一侧”是左手侧，如图 3-86 所示。“材料侧”和“另一侧”的总和不能等于零。

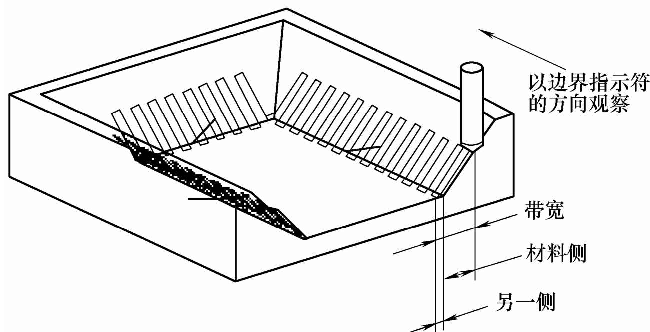


图 3-86　材料侧和另一侧示意图

④【刀轨方向】：用于确定刀具沿着边界移动的方向，包括“跟随边界”和“边界反向”两种，如图 3-87 所示。

1）跟随边界：刀具按照边界指示符的方向沿着边界单向或往复向下移动。

2）边界反向：刀具按照边界指示符的相反方向沿着边界单向或往复向下移动。

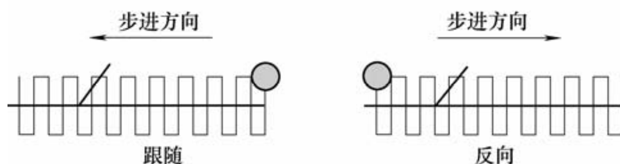


图 3-87　跟随边界和边界反向

（3）【预览】 单击【显示】按钮，显示用于构成刀具轨迹的驱动路径。

3.4.2.8　外形轮廓加工驱动方法

外形轮廓加工驱动方法可使用刀侧面来加工倾斜壁，用刀具底刃加工零件底表面，如图 3-88 所示。选择底面后，系统可以查找所有限定底面的壁，刀轴会经常调整以获得光顺刀轨。在凹角处，刀具侧面与两个相邻壁相切。在凸角处，系统会添加一个半径并绕着它滚动刀，以使刀轴与各个拐角壁保持相切。

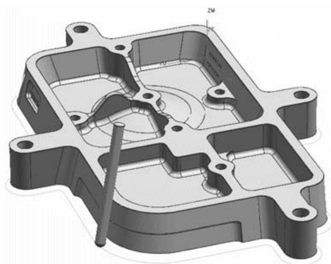


图 3-88　外形轮廓加工

3.4.3　投影矢量

“投影矢量”是大多数“驱动方法”的公共选项，它确定驱动点投影到部件表面的方式，以及刀具接触部件表面的哪一侧。驱动点沿投影矢量投影到部件表面上，刀具总是从投影矢量逼近的一侧定位到部件表面上。有时，驱动点移动时以投影矢量的相反方向（但仍沿矢量轴）从驱动曲面投影到部件表面，驱动点 p_1 以投影矢量的相反方向投影到部件表面上以创建 p_2，如图 3-89 所示。

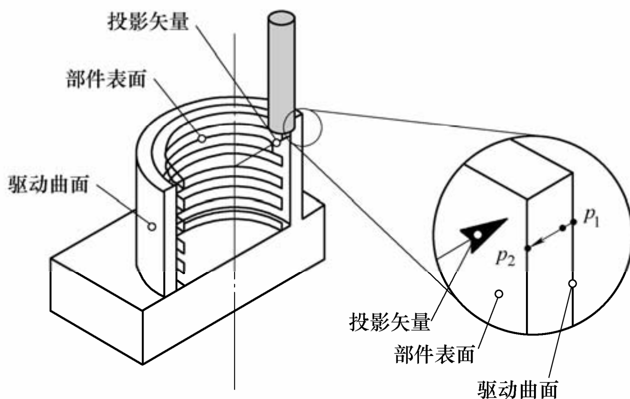


图 3-89　驱动点投影到部件表面

在 UG NX 10.0 中【可变轮廓铣】对话框的【投影矢量】选项组的【矢量】下拉列表框共提供了 9 种投影矢量定义方式，如图 3-90 所示。下面介绍常用的 8 种（除刀轴向上外）。



图 3-90 投影矢量方式

1．指定矢量

选择该方式，利用【矢量】构造器对话框，用户可定义一个相对于“工作坐标系”原点的矢量来定义“固定投影矢量”，如图 3-91 所示。系统将在坐标系原点处显示该矢量，-ZC 方向是默认的投影矢量。

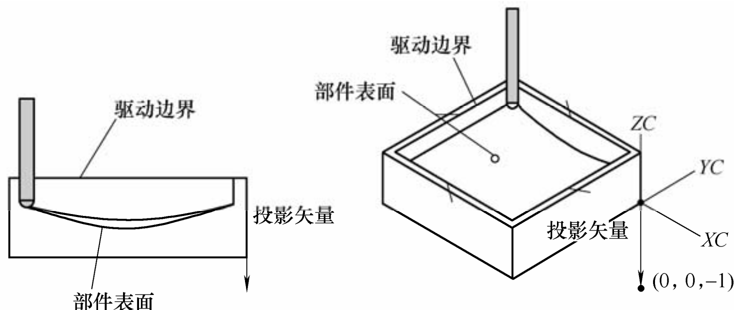


图 3-91 指定矢量的投影矢量

2．刀轴

选择该方式，用刀轴矢量的相反方向作为投影矢量，如图 3-92 所示。图中，投影矢量向下，使刀具从顶部开始接触零件表面，驱动点从边界平面投影到零件表面上。

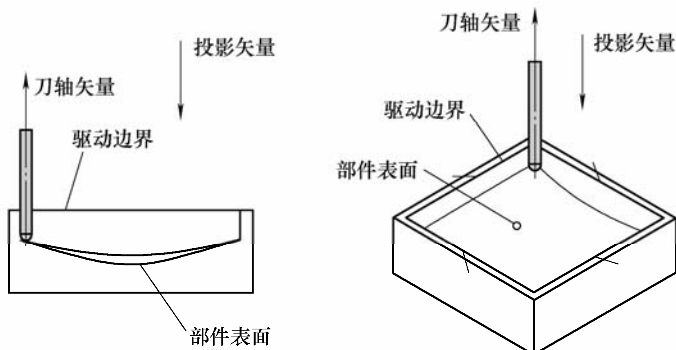


图 3-92 刀轴的投影矢量

3．远离点

选择该方式，创建从指定的焦点向“部件表面”延伸的“投影矢量”。此选项可用于加工焦点在球面中心处的内侧球形（或类似球形）曲面，如图 3-93 所示。

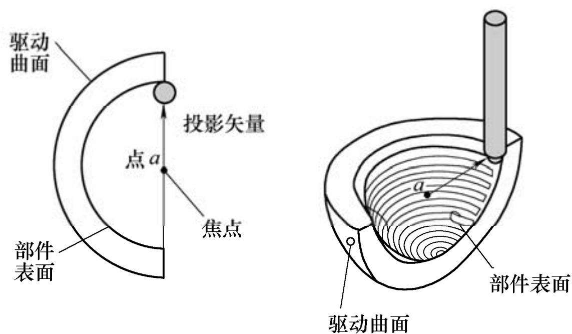


图 3-93 远离点的投影矢量

4．朝向点

选择该方式，创建从“部件表面”延伸至指定焦点的“投影矢量”。此选项可用于加工焦点在球中心处的外侧球形（或类似球形）曲面。如图 3-94 所示球面同时用作“驱动曲面”和“部件表面”。因此，“驱动点”以零距离从“驱动曲面”投影到“部件表面”，“投影矢量”的方向确定“部件表面”的刀具侧，使刀具从外侧向焦点定位。

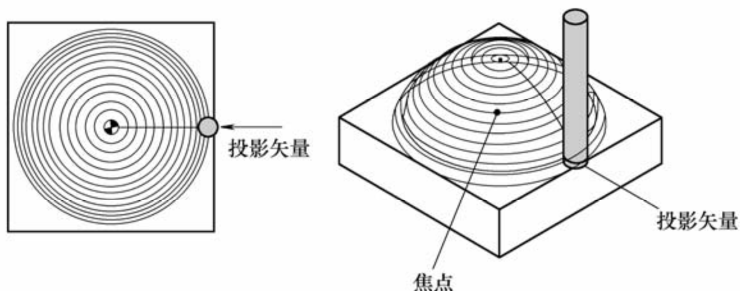


图 3-94 指向点的投影矢量

5．远离直线

选择该方式，创建从指定的直线延伸至部件表面的“投影矢量”。定义的投影矢量以指定的直线为起点，并垂直于该直线，且指向部件表面，如图 3-95 所示。此选项可用于加工内部圆柱面，其中指定的直线作为圆柱中心线。刀具位置将从中心线移到零件表面的内侧，驱动点沿着直线从驱动曲面投影到零件表面。直线与零件表面之间的最小距离必须大于刀具半径。

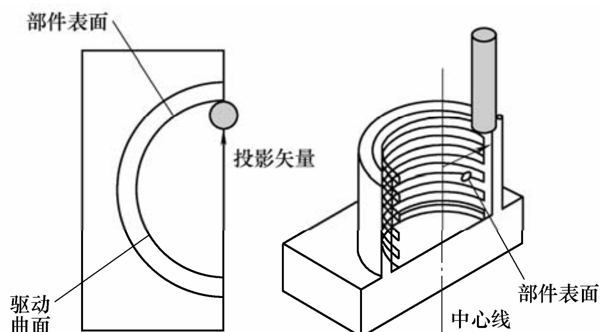


图 3-95 远离直线投影矢量

6. 朝向直线

选择该方式，创建从“部件表面”延伸至指定直线的“投影矢量”。定义的投影矢量以部件表面为起点，指向指定的直线，并垂直于该直线，如图 3-96 所示。此选项可用于加工外部圆柱面，其中指定的直线作为圆柱中心线。刀具位置将从零件表面的外侧移到中心线，驱动点沿着所选直线从驱动曲面投影到零件表面。

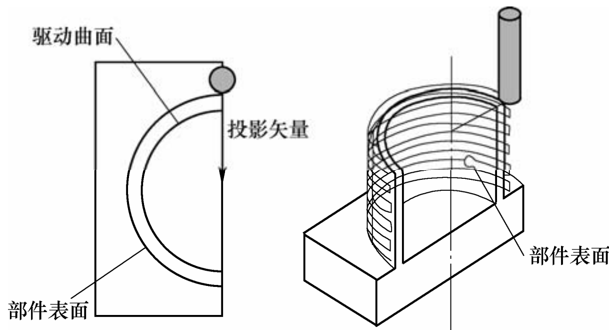


图 3-96　指向直线的投影矢量

7. 垂直于驱动体

选择该方式，创建相对于“驱动曲面”法线的“投影矢量”，如图 3-97 所示。只有在使用“曲面驱动方法”时，此选项才是可用的，此时“投影矢量”作为“驱动曲面”材料侧法矢的反向矢量进行计算。

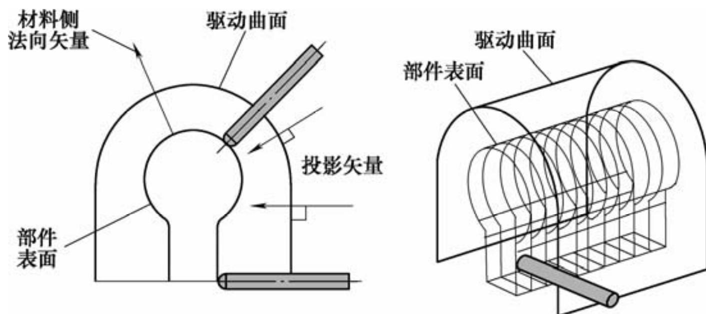


图 3-97　垂直于驱动曲面的投影矢量

8. 朝向驱动体

该选项工作方式与“垂直于驱动体”投影方式类似，“垂直于驱动体”的投影方式从无穷远处开始，而“朝向驱动体”投影从距驱动曲面较短距离的位置处开始，适用于加工工件的内表面，如图 3-98 所示。

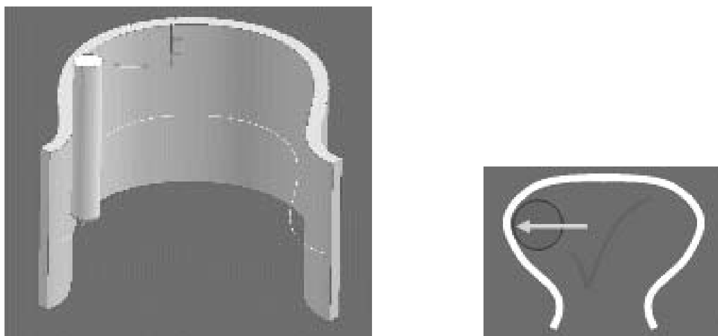


图 3-98　朝向驱动体的投影矢量

3.4.4 刀轴控制

可变轴曲面轮廓铣提供了大量的刀具轴矢量选项，用户可在【可变轴轮廓】操作对话框中的【刀轴】选项组中进行选择，如图 3-99 所示。



图 3-99 可变轴轮廓铣的刀轴方式

1．远离点

“远离点”是通过指定一个聚焦点来定义刀轴矢量，刀轴矢量以聚焦点为起点指向刀柄，其中聚焦点必须位于刀具和零件几何体的另一侧，如图 3-100 所示。选择该选项后，弹出【点】对话框，可选择或创建一点作为聚焦点。

2．朝向点

“朝向点”是通过指定一个聚焦点来定义可变刀轴矢量，刀轴矢量以刀柄为起点指向聚焦点，其中聚焦点与零件几何必须在同一侧，如图 3-101 所示。

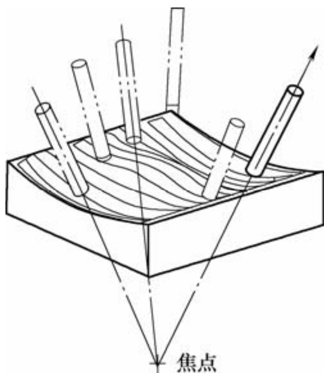


图 3-100 远离点刀轴

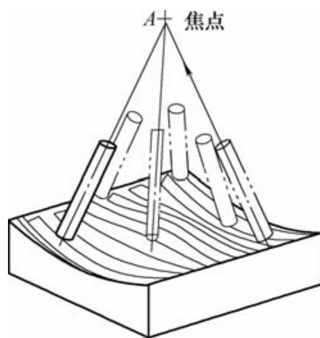


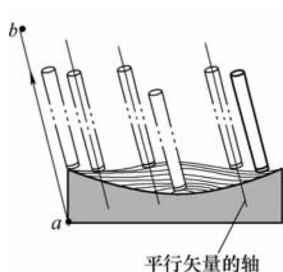
图 3-101 朝向点刀轴

3．相对于矢量

“相对于矢量”用于定义相对于带有指定的“前倾角”和“侧倾角”的矢量的“可变刀轴”，如图 3-102 所示。

选择该选项后，弹出【相对于矢量】对话框，如图 3-103 所示。利用该对话框可指定一个矢量，

并设置“前倾角”和“侧倾角”。



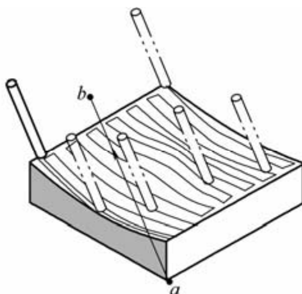


图 3-102 相对于矢量刀轴



图 3-103 【相对于矢量】对话框

①【前倾角】：用于定义刀具沿“刀轨”前倾或后倾的角度，如图 3-104 所示。正的“前倾角”表示刀具相对于“刀轨”方向向前倾斜，负的“前倾角”表示刀具相对于“刀轨”方向向后倾斜。由于“前倾角”基于刀具的运动方向，因此往复切削模式将使刀具在前进刀路中向一侧倾斜，而在回转刀路中向相反的另一侧倾斜。

②【侧倾角】：用于定义刀具从一侧到另一侧的角度，如图 3-104 所示。正值将使刀具向右倾斜（沿刀具路径方向），负值将使刀具向左倾斜。与“前倾角”不同，“侧倾角”是固定的，它与刀具的运动方向无关。

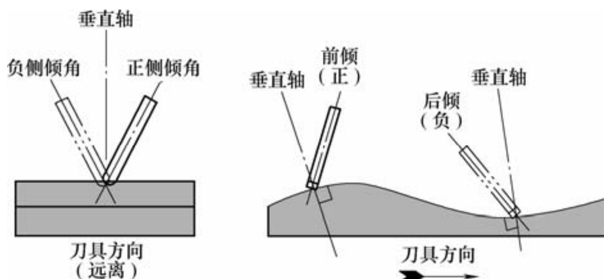


图 3-104 前倾角与侧倾角

4．相对于部件

“相对于部件”用于通过前倾角和侧倾角来定义相对于部件几何表面法向矢量的可变刀轴，如图 3-105 所示。该方式与“相对于矢量”基本相同，只是用部件表面代替了指定矢量。两者不同是要为“前倾角”和“倾斜角”指定最小值和最大值来限制“刀轴”的可变性，例如，如果将前倾角定义为 20°，最小前倾角定义为 15°，最大前倾角定义为 25°，那么刀轴可以偏离前倾角正负 5°。最小值必须小于或等于相应的“前倾角”或“倾斜角”的值。最大值必须大于或等于相应的“前倾角”或“倾斜角”的值。

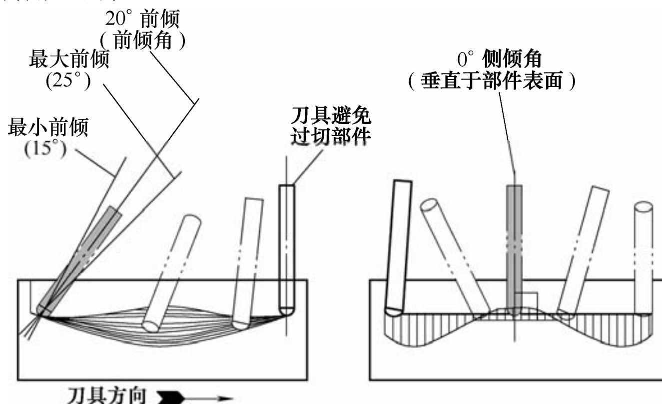


图 3-105 相对部件刀轴

选择该选项后，弹出【相对于部件】对话框，如图 3-106 所示。用户可设置“前倾角”“最小前倾角”“最大前倾角”“侧倾角”和“最小侧倾角”“最大侧倾角”。



图 3-106 【相对于部件】对话框

5．4 轴，垂直于部件

“4 轴，垂直于部件”用于定义使用“四轴旋转角度”的刀轴，即刀轴先从部件几何表面法向投影到旋转轴的法向平面，然后基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜一个旋转角度，如图 3-107 所示。

选择该选项后，弹出【4 轴，垂直于部件】对话框，如图 3-108 所示。利用该对话框可指定旋转角度和旋转轴。

①【旋转角度】：用于指定刀轴基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜的角度。旋转角度为正，使刀轴基于刀具路径的方向朝前倾斜；旋转角度为负，使刀轴基于刀具路径的方向朝后倾斜。“旋转角度”与“前倾角”不同，它并不依赖于刀具运动方向，而总是往零件几何表面的同一侧倾斜。

②【旋转轴】：用于定义旋转轴。

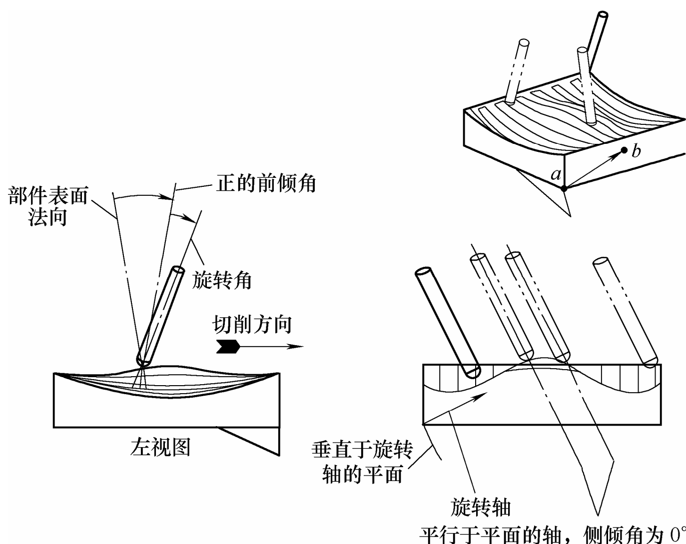


图 3-107 4 轴，垂直于部件的刀轴



图 3-108 【4 轴，垂直于部件】对话框

6．4 轴，相对于部件

“4 轴，相对于部件”的工作方式与“4 轴，垂直于部件”基本相同，如图 3-109 所示。通过先将刀轴从部件几何表面法向、基于刀具运动方向来确定“前倾角”和“侧倾角”，然后投影到有效的第四轴运动平面，最后直接在四轴平面中旋转一个旋转角度。

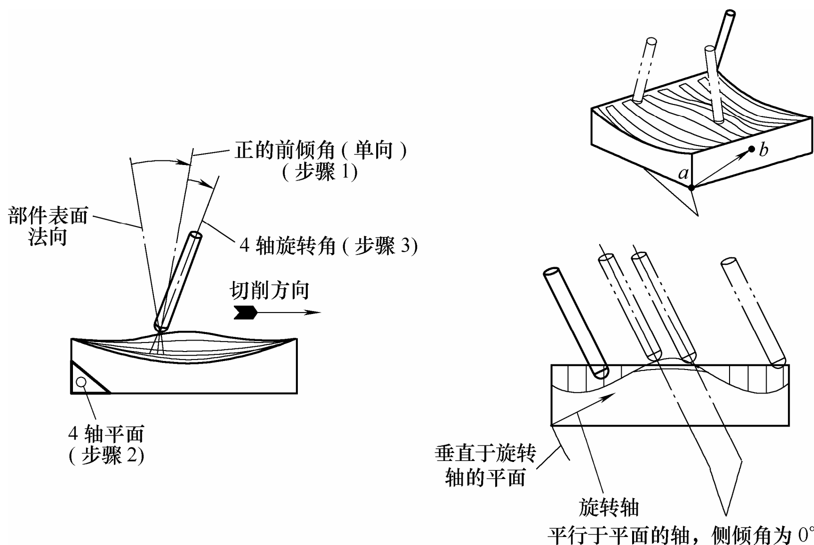


图 3-109 4 轴，相对于部件刀轴

(注意) 该方法是 4 轴加工方法，“侧倾角”通常保留为其默认值零度。

7．双 4 轴在部件上

“双 4 轴在部件上”与“4 轴，相对于部件”的工作方式基本相同。刀具从部件表面法向、基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜“前倾角”和“侧倾角”，然后投影到正确的第 4 轴运动平面，最后旋转一个旋转角度，如图 3-110 所示。

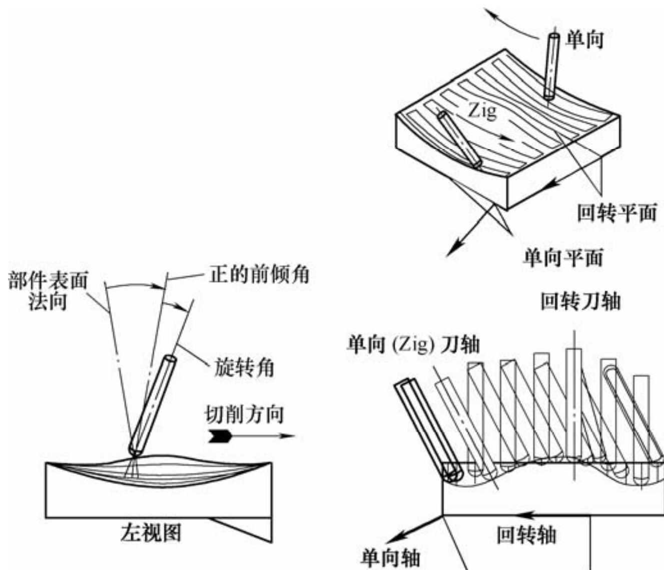


图 3-110 双 4 轴刀轴

8．插补

“插补”是通过在指定点定义矢量方向来控制刀轴，可以在“驱动”几何体上定义足够多矢量以创建光顺的刀轴运动，如图 3-111 所示。驱动几何体上任意点处的刀轴都将被用户指定的矢量插补，指定的矢量越多，越容易对刀轴进行控制。

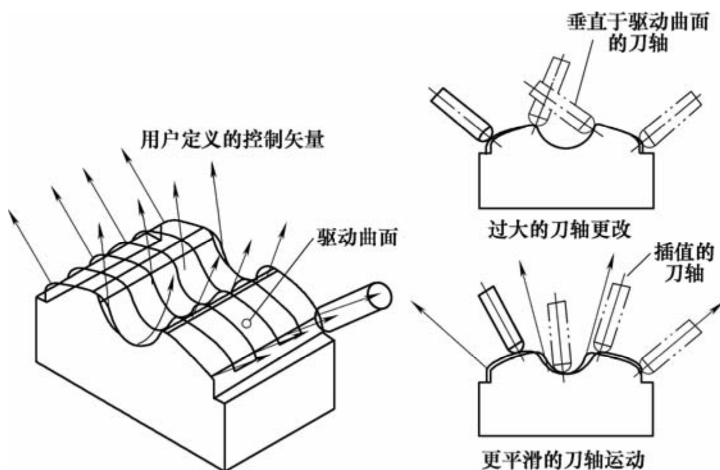


图 3-111 插补刀轴

注意 该方式仅在“可变轴曲面轮廓铣”中使用“曲线驱动”方法或“曲面驱动”方法时才可用。

9．优化后驱动

“优化后驱动”刀轴控制方法使刀具前倾角与驱动几何体曲率匹配。在凸起部分，UG NX 保持小的前倾角，以便移除更多材料。在下凹区域中，UG NX 自动增加前倾角以防止切削刃过切驱动几何体，并使前倾角足够小以防止刀前端过切驱动几何体，如图 3-112 所示。A 为刀尖，B 为刀跟，C 为刀跟刨削，D 为刀前端刨削，E 为驱动几何体。

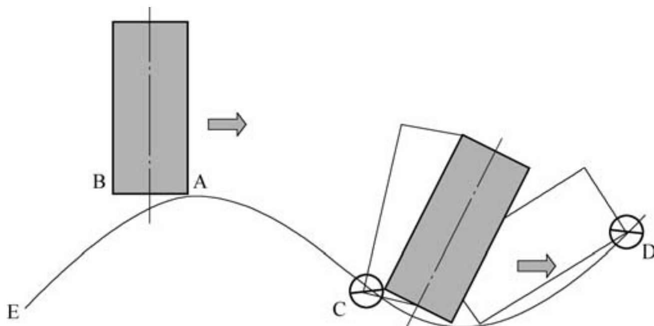


图 3-112 刀具前倾角与驱动几何体匹配

10．侧刃驱动体

“侧刃驱动体”用于定义沿驱动曲面的侧刃画线移动的刀轴，该方式允许刀具的侧面切削驱动曲面，而刀尖切削“部件表面”。首先按顺序选择多个驱动曲面，然后选择“侧刃驱动体”方式后，将出现“侧刃驱动体”对话框，图形区显示定义刀轴方向的 4 个矢量箭头，选择一个作为刀轴方向，如图 3-113 所示。

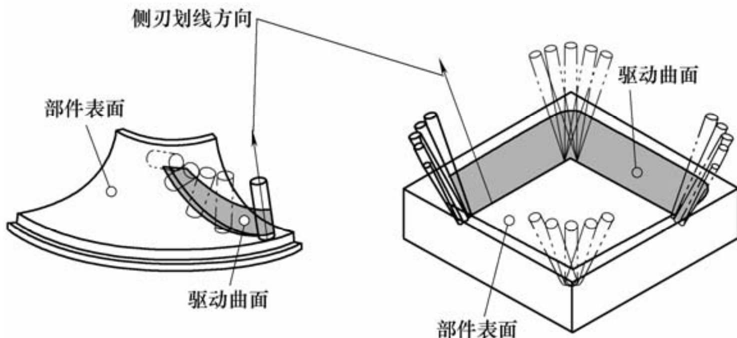


图 3-113 侧刃驱动体

11．相对于驱动体

“相对于驱动体”用于通过前倾角和侧斜角来定义相对于驱动几何表面法向矢量的可变刀轴，如图 3-114 所示。该方式与“相对于矢量”基本相同，只是用驱动体表面代替了指定矢量。

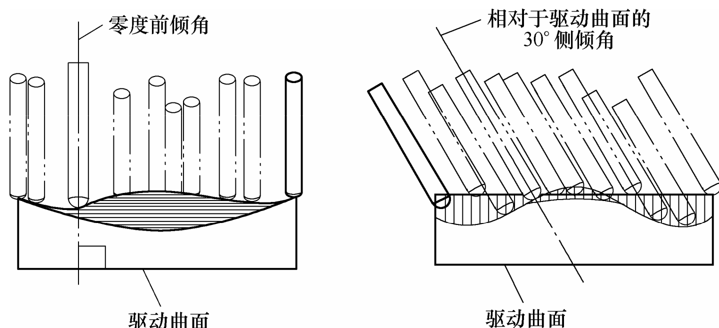


图 3-114　相对于驱动体刀轴

12．4 轴，垂直于驱动体

“4 轴，垂直于驱动体”用于定义使用“4 轴旋转角度”的刀轴，即刀轴先从驱动体几何表面法向投影到旋转轴的法向平面，然后基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜一个旋转角度。

13．4 轴，相对于驱动体

“4 轴，相对于驱动体”与“4 轴，相对于部件”的工作方式基本相同。通过先将刀轴从驱动体几何表面法向、基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜“前倾角”和“侧倾角”，然后投影到正确的第 4 轴运动平面，最后旋转一个旋转角度。

14．双 4 轴在驱动体上

“双 4 轴在驱动体上”与“双 4 轴在部件上”的工作方式基本相同。刀具从驱动体表面法向、基于刀具运动方向朝前或朝后倾斜“前倾角”和“侧倾角”，然后投影到正确的第 4 轴运动平面，最后旋转一个旋转角度。

3.5　管理刀具路径

UG NX 10.0 刀具路径管理包括“生成刀具路径”“编辑刀具路径”“删除刀具路径”“重播刀具路径”“验证刀具路径”以及“输出刀具路径”等。在 UG NX 10.0 数控加工模块中，可以采用多种方法启动刀具路径管理功能，下面分别加以介绍。

3.5.1　刀具路径生成

1．创建工序对话框生成刀具路径

当创建铣削的操作时，在【工序】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部的【生成】按钮，可在操作对话框下生成刀具路径。在产生第 1 层的切削区域范围后，弹出【刀轨生成】对话框，如图 3-115 所示。设置各选项后，单击【确定】按钮，可依次生成其他操作的刀具路径。

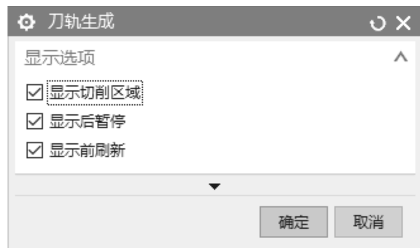


图 3-115　【刀轨生成】对话框

【刀轨生成】对话框中相关选项的含义如下：

①【显示切削区域】：勾选【显示切削区域】复选框，则在每个切削层上显示刀具路径之前显示切削区域的轮廓。

②【显示后暂停】：勾选【显示后暂停】复选框，则在每个切削层上显示刀具路径后暂停，否则在各切削层上连续产生刀具路径。

③【显示前刷新】：勾选【显示前刷新】复选框，则在每个切削层显示刀具路径前，先刷新图形窗口。

2．加工工具栏按钮生成刀具路径

生成刀具路径时，首先在【工序导航器】中选择一个或多个需要生成刀具路径的操作，或选择包含操作的程序组。单击【主页】选项卡上【工序】选项组的【生成刀轨】按钮，则在产生第 1 个操作的刀具路径后，弹出【刀轨生成】对话框，如图 3-116 所示。

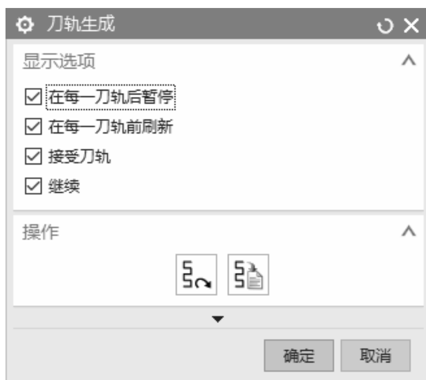


图 3-116 【刀轨生成】对话框

【刀轨生成】对话框中相关选项的含义如下：

①【每一刀轨后暂停】：勾选【每一刀轨后暂停】复选框，则产生每一条刀具路径后暂停。

②【在每一刀轨前刷新】：勾选【在每一刀轨前刷新】复选框，则产生每条刀具路径前刷新窗口。

③【接受刀轨】：勾选【接受刀轨】复选框，则接受当前所产生的刀轨路径。

④【继续】：勾选【继续】复选框，则连续生成各操作的刀具路径，否则结束刀具路径生成操作。

⑤【重播】：单击【重播】按钮，则在图形区重新显示生成的刀具路径。

⑥【列表】：单击【列表】按钮，则列出刀具路径文件。

3.5.2 刀具路径验证

对于已生成的刀具路径，可在图形区中以线框形式或实体形式仿真刀具路径，以便于用户直观地观察刀具的运动过程，进而验证各操作参数定义的是否合理。刀具路径验证的可视化仿真是通过显示刀具轨迹和创建动态毛坯来实现的。

在模拟刀具路径时，首先在操作导航器中选择一个或多个操作，然后单击【主页】选项卡上【工序】选项组中的【确认刀轨】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，如图 3-117 所示。利用【刀轨可视化】对话框，用户可以实现 3 种刀具路径的可视化仿真：刀具路径重播、3D 动态刀具轨迹和 2D 动态刀具轨迹。



图 3-117 【刀轨可视化】对话框

3.5.3 刀具路径后处理

生成好刀具路径可输出刀具轨迹数据，包括“输出刀具位置源文件”“NX/POST 后置处理”和“车间文档”3 种方式。下面仅介绍前两种刀具路径后处理方式。

1．输出刀具位置源文件

刀具位置源文件是一个可用第三方后置处理器程序进行后置处理的独立文件，它是包含标准 APT 命令的文本文件，其扩展名为.cls。当一个操作生成后，产生的刀具路径还是一个内部刀具路径，如果要用第三方后置处理程序进行处理，还必须将其输出成外部的 ASCII 文件，即刀具位置源文件（Cutter Location Source File），简称“CLSF 文件”。

在【操作导航器】中选择一个已生成刀具路径的操作或程序组，然后单击【主页】选项卡上【工序】选项组中的【输出 CLSF】按钮，或打开菜单【工具】，选择【操作导航器】→【输出】→【CLSF】

命令，弹出【CLSF 输出】对话框，如图 3-118 所示。选择好合适的刀具位置源文件格式后，单击【确定】按钮即可完成输出。刀具位置源文件有以下几种格式：

① CLSF_STANDARD：标准的 APT 类型，包括 GOTO 和其他的后处理语句。

② CLSF_COMPRESSED：和 CLSF_STANDARD 相同，但没有 GOTO 指令，可用于用户观察什么时候使用刀具和使用哪些刀具。

③ CLSF_ADVANCED：基于操作数据，自动生成主轴和刀具命令。

④ CLSF_BCL：BCL 表示 Binary Coded Language，是由美国海军研制开发的。

⑤ CLSF_ISO：国际标准格式的刀具位置源文件。

⑥ CLSF_IDEAS_MILL：用于铣削加工的与 IDEAS 兼容的刀具位置源文件。

⑦ CLSF_IDEAS_MILL_TURN：用于车削加工的与 IDEAS 兼容的刀具位置源文件。

2．NX POST 后置处理

刀具位置源文件（CLSF）包含 GOTO 点位和控制刀具运动的其他信息，需要经过后置处理（Post processing）才能生成 NC 指令。UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码。

在【操作导航器】中选择一个已生成刀具路径的操作或程序组，然后单击【主页】选项卡上【工序】选项组中的【后处理】按钮，或打开菜单【工具】，选择【操作导航器】→【输出】→【NX 后处理】命令，弹出【后处理】对话框，如图 3-119 所示。选择好合适的机床定义文件类型后，单击【确定】按钮，完成 NC 代码的生成输出。



图 3-118　CLSF 格式对话框



图 3-119　后处理对话框

3.6　本章小结

本章对 UG 多轴加工技术做了细致介绍，首先介绍了 UG NX 父级组知识，然后重点讲解了可变轴曲面轮廓铣的驱动方法、投影矢量、刀轴方向以及顺序铣中“进刀”“连续刀轨”“退刀”相关参数的含义和设置方法。正确理解参数的含义与设置是成功进行多轴加工的前提，读者学习时可以通过比较来加深印象。

04

第 4 章　四轴铣削加工入门实例
——导向轮数控加工

本例加工对象为导向轮，它的外形结构如图 4-1 所示。通过此加工实例的学习，读者将掌握可变轴曲面轮廓铣加工曲面驱动方法在产品四轴（旋转四轴）加工中的应用。

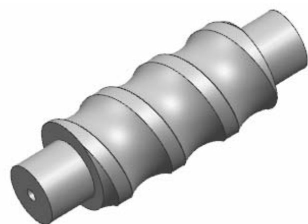


图 4-1　导向轮

4.1　实例分析

4.1.1　实例整体分析

如图 4-1 所示，导向轮外形为圆柱形结构，表面有圆弧形螺旋槽，毛坯为圆柱体，表面进行粗加工，采用四轴进行精加工。

4.1.2　实例加工分析

根据零件的特点，按照加工工艺的安排原则，安排工序如下：

（1）外表面加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”，刀轴为“垂直于驱动体”，刀具采用 ϕ20R10 的球刀。

（2）圆弧螺旋槽精加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式特选择“曲面”，刀轴方向为“远离直线”，刀具采用ϕ8R4 圆角刀。

4.2　加工流程与每步所用知识点

导向轮零件数控加工的具体设计流程和知识点，见表 4-1。

表 4-1　导向轮数控加工流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（mill_multi-axis）	加工环境 CAM 会话配置 cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library feature_machining hole_making 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_planar mill_contour mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	
Step4：创建加工方法组	加工方法通过对加工余量、几何体的内、外公差等设置，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数	
Step5：创建可变轴曲面轮廓铣（圆柱面）	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step6：创建可变轴曲面轮廓铣（螺旋槽）	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step7：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	

4.3 具体的加工操作过程

4.3.1 初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“导向轮.prt”（随书文件：\第 4 章\导向轮.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 4-2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi-axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 4-3 所示。

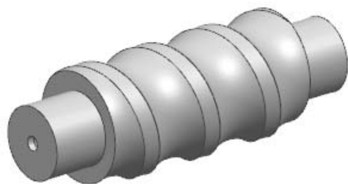


图 4-2 打开的模型文件

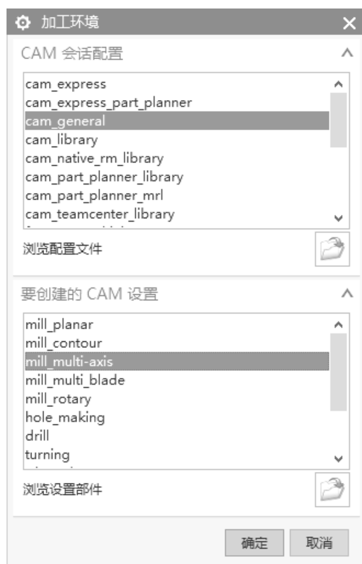


图 4-3 “加工环境”对话框

4.3.2 创建加工父级组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建加工几何组

（1）设置加工坐标系 具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标，弹出【MCS】对话框，如图 4-4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中输入移动坐标数值为（0.0000000，45.00000），沿着 z 轴移动 45mm，如图 4-5 所示。单击【确定】按钮返回【MCS】对话框。



图 4-4 【MCS】对话框



图 4-5　确定移动加工坐标系

（2）设置安全平面　在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组的【安全设置选项】下拉列表框中选择【平面】选项，然后单击【指定平面】按钮，弹出【平面】对话框。在如图 4-6 所示的【平面】对话框中的类型选项组的下拉列表框中选择【XC-YC】图标，在【距离】文本框中输入“60”，将安全平面设置为相对于 XC-YC 平面的距离为 60mm。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 4-7 所示。

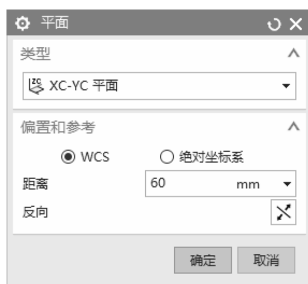


图 4-6 【平面】对话框

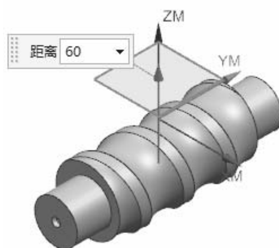


图 4-7　显示安全平面的位置

（3）创建部件几何　具体步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 4-8 所示。

② 毛坯几何。单击【几何体】选项组的【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择在图层 10 上的实体作为毛坯，如图 4-9 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。

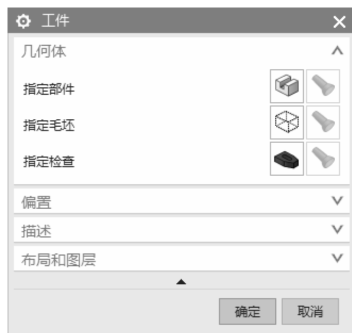


图 4-8 【工件】对话框



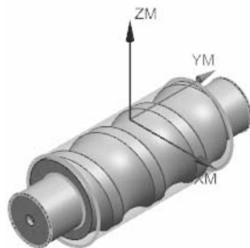


图 4-9　选择毛坯几何体

（4）创建部件几何　步骤如下：

① 单击【插入】选项组的【创建几何体】按钮，弹出【创建几何体】对话框，在【名称】文本框中输入“WORKPIECE_CAD”，如图 4-10 所示。单击【确定】按钮，弹出【工件】对话框，如图 4-11 所示。

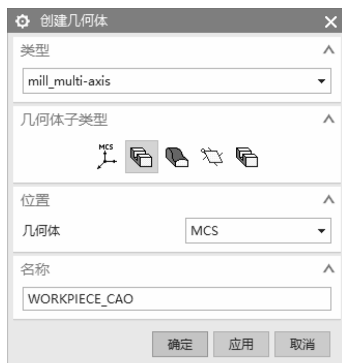


图 4-10 【创建几何体】对话框

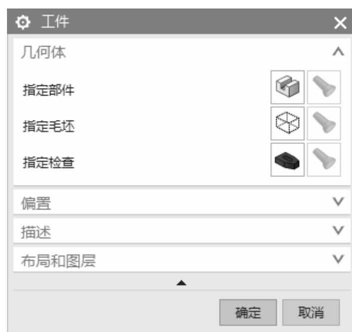
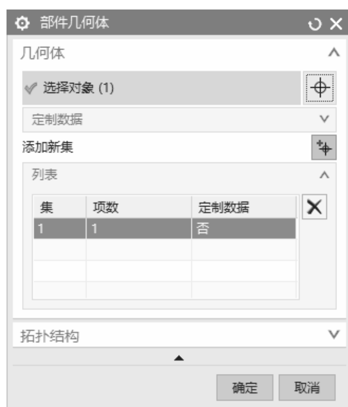


图 4-11 【工件】对话框

② 单击【几何体】选项组的【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择如图 4-12 所示的实体为部件几何。单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。



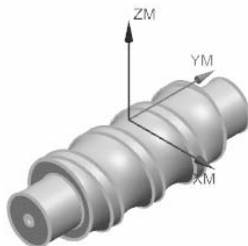


图 4-12 选择部件几何

③ 单击【几何体】选项组的【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框。选择在图层 10 上的实体作为毛坯几何体，单击【确定】按钮，完成毛坯几何的创建，如图 4-13 所示。



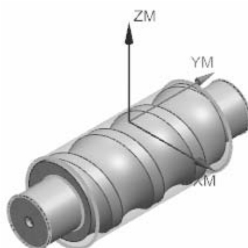


图 4-13 创建毛坯几何

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

（1）创建 D20R10 球刀 具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”,【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D20R10”，如图 4-14 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中【工具】选项卡的【尺寸】选项组的设定【直径】为“20.0000”,【下半径】为“10.0000”,【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 4-15 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

（2）重复上述刀具创建过程，创建刀具 D8R4 的铣刀　具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”,【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D8R4”，如图 4-16 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【直径】为“8.0000”,【下半径】为“4.0000”,【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 4-17 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

3．设置加工方法组

1）单击【快速访问】工具栏上的【加工方法视图】按钮，【工序导航器】切换到加工方法视图。

2）双击【工序导航器】中的【MILL_FINISH】图标，弹出【铣削精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.0000”,【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0030”，如图 4-18 所示。单击【确定】按钮，完成精加工方法设定。



图 4-14　【创建刀具】对话框

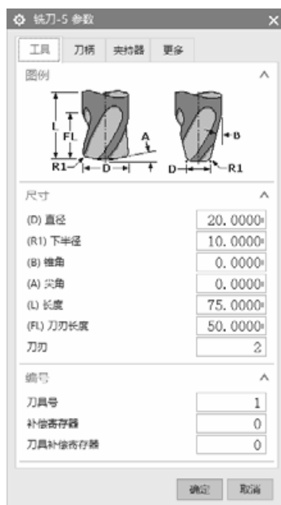


图 4-15　【铣刀-5 参数】对话框



图 4-16　【创建刀具】对话框

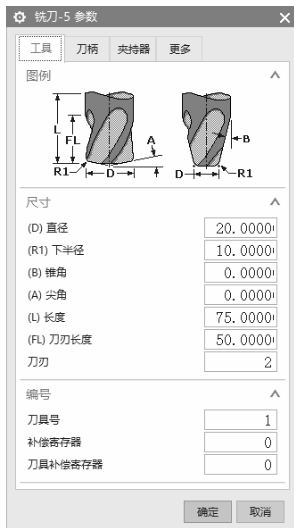


图 4-17　【铣刀-5 参数】对话框



图 4-18　精加工方法设置

4.3.3 可变轴曲面轮廓铣外圆精加工

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，或打开菜单【插入】，单击【工序】命令，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选项组的选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D20R10”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 4-19 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 4-20 所示。



图 4-19 【创建工序】对话框



图 4-20 【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【几何体】选项组的单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图层 5 中的曲面作为切削区域，如图 4-21 所示，单击【确定】按钮，返回【创建工序】对话框。



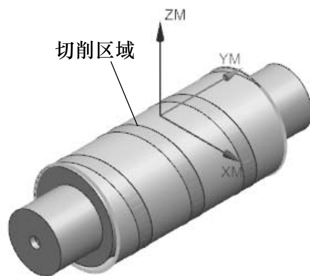


图 4-21 选择铣削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表框中选取【曲面】，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 4-22 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图层 5 中的图 4-23 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



图 4-22 【曲面区域驱动方法】对话框



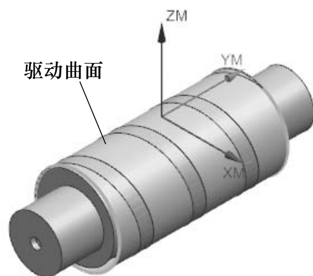


图 4-23 选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择如图 4-24 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 4-25 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“螺旋”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.005”，如图 4-26 所示。

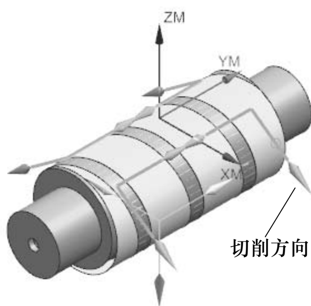


图 4-24 选择切削方向

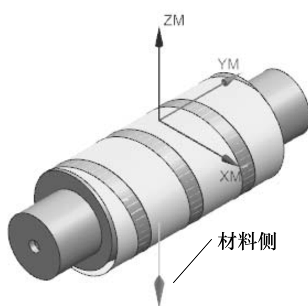


图 4-25 设置材料侧方向



图 4-26 驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【刀轴】为“垂直于驱动体”，如图 4-27 所示。

5．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择“刀轴”，如图 4-28 所示。



图 4-27 选择刀轴方向



图 4-28 选择投影矢量

6．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【刀轴控制】选项卡中，设【最大刀轴更改】为“10.0000”，其他参数如图 4-29 所示。

2）在【更多】选项卡中，设【切削步长】为“刀具百分比”，并在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，如图 4-30 所示。



图 4-29 【刀轴控制】选项卡



图 4-30 【更多】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】选项组的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1）在【进刀】选项卡的【开放区域】选项组中，设【进刀类型】为“圆弧-平行于刀轴”，其他参数如图 4-31 所示。

2）在【退刀】选项卡的【开放区域】选项组中的【退刀类型】下拉列表框中选择“与进刀相同”，如图 4-32 所示。

3）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.000”，【切削】速度为“600.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 4-33 所示。



图 4-31 【进刀】选项卡



图 4-32 【退刀】选项卡



图 4-33 【进给率和速度】对话框

9．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 4-34 所示。

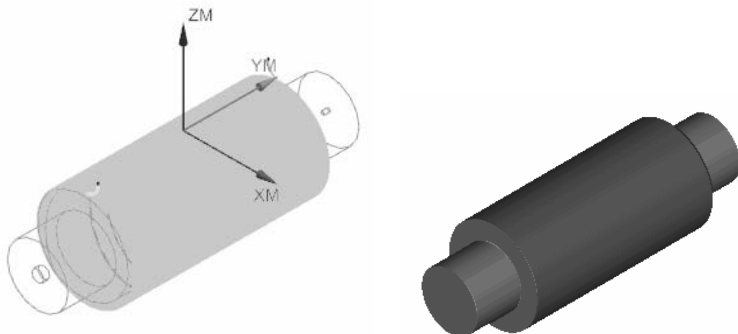


图 4-34　刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

4.3.4　可变轴曲面轮廓槽精加工

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 4-35 所示。

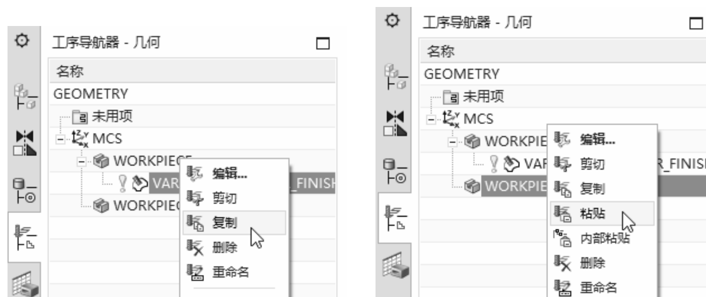


图 4-35　复制工序

2）双击“VARIABLE_CONTOUR _FINISH1_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”，如图 4-36 所示。

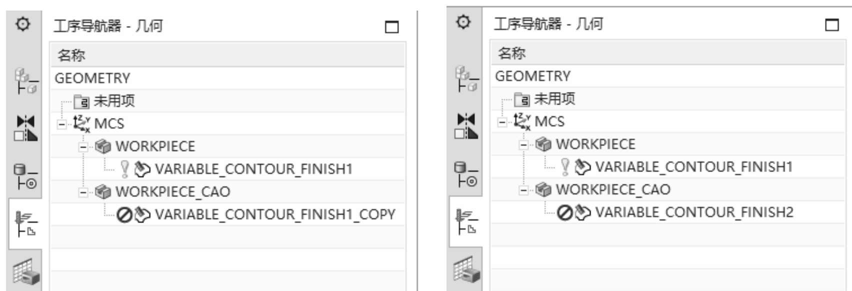


图 4-36　重命名工序

2．更改切削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择如图 4-37 所示的曲面作为切削区域，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



图 4-37　选择切削区域

3．更改驱动参数

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 4-38 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除原有的驱动曲面后，选择如图 4-39 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



图 4-38　【曲面区域驱动方法】对话框

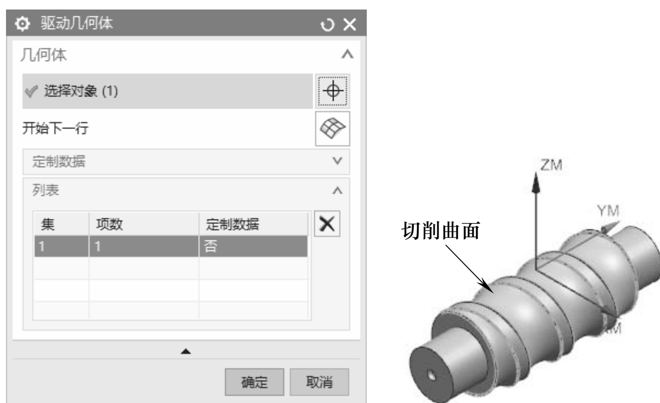


图 4-39　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 4-40 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 4-41 所示。

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

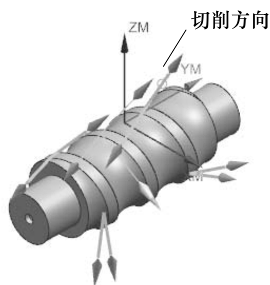


图 4-40　选择切削方向

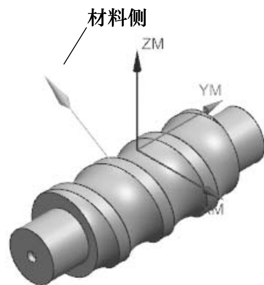


图 4-41　设置材料侧方向

4．更改刀具

在【工具】选项组中选择【刀具】为“D8R4”，如图 4-42 所示。



图 4-42　更改刀具

5．选择刀轴方向

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“远离直线”，如图 4-43 所示。



图 4-43　选择刀轴方向

2）系统弹出【远离直线】对话框，在【指定矢量】中选择 YC 方向，如图 4-44 所示；单击【指定点】后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框设置点（0.000000000，0.000000000，0.000000000），如图 4-45 所示。依次单击【确定】按钮关闭对话框并返回。



图 4-44　【远离直线】对话框



图 4-45　【点】对话框

6．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1200.0000”，【切削】速度为“800.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 4-46 所示。



图 4-46 【进给率和速度】对话框

7．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 4-47 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

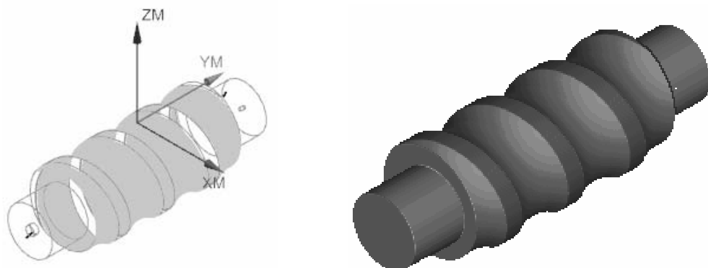


图 4-47 刀具路径和实体切削验证

4.3.5　刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】组中的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 4-48 所示。

2）选择“MILL_4 AXIS”后处理器类型，选择好合适的文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 4-49 所示。

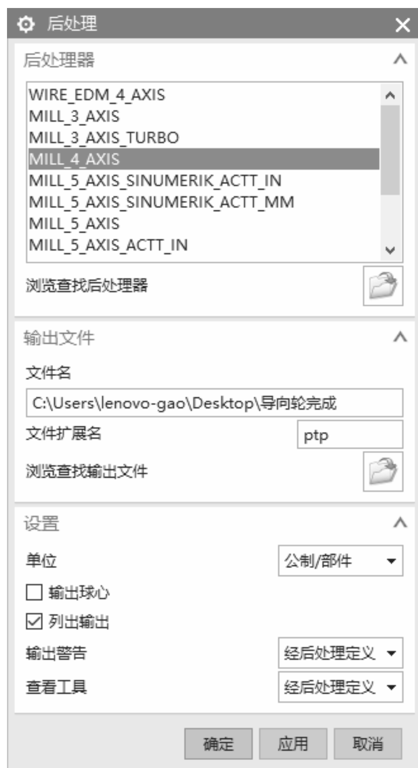


图 4-48　【后处理】对话框

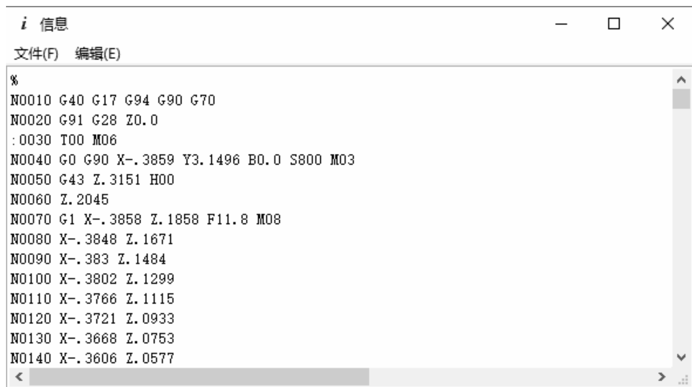


图 4-49　生成的 NC 代码

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 4 章\导向轮完成.prt）。

4.4　实例小结

本章以导向轮为例，讲解了曲面区域、曲线驱动的可变轴曲面轮廓铣四轴加工方法。读者学习时，需要重点掌握四轴加工中刀轴设置方法，领悟可变轴曲面轮廓铣方法的特点，以及四轴产品加工中的实际应用过程。

05

第 5 章　四轴铣削加工提高实例——凸轮导向轴数控加工

本例加工对象为凸轮导向轴，它的外形结构如图 5–1 所示。通过此加工实例的学习，读者将掌握可变轴曲面轮廓铣加工、钻孔加工、工序阵列在产品 4 轴（3+1 轴）加工中的应用。

5.1　实例分析

5.1.1　实例整体分析

如图 5–1 所示，凸轮导向轴外形为圆柱形结构，表面有 6 个斜形的开槽，相邻台阶上有 6 个均匀分布的ϕ8mm 孔。毛坯为圆柱体，表面进行粗加工，采用四轴进行精加工。

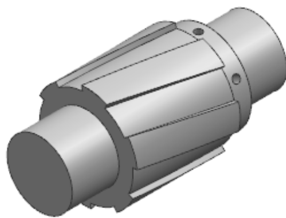


图 5–1　凸轮导向轴

5.1.2　实例加工分析

根据零件的特点，按照加工工艺的安排原则，安排工序如下：

（1）外表面加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”，刀轴方向为“垂直于驱动体”，刀具采用ϕ20R10 的球刀。

（2）槽精加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式特选择“曲面”，刀轴方向为“垂直于驱动体”，刀具采用ϕ8R1 圆角刀。

（3）钻孔加工　采用钻孔加工工序，刀轴为+ZC 轴。

5.2　加工流程与每步所用知识点

凸轮导向轴零件数控加工具体的设计流程和知识点，见表 5–1。

表 5–1　凸轮导向轴数控加工流程和知识点

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（mill_multi-axis）	加工环境 CAM 会话配置 cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library feature_machining hole_making 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_planar mill_contour mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	
Step4：创建加工方法组	加工方法通过对加工余量、几何体的内外公差等设置，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数	
Step5：创建可变轴曲面轮廓铣（曲面）	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step6：创建可变轴曲面轮廓铣（直槽）	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step7：刀具路径变换	利用刀具路径线性复制功能，可简化刀具路径的创建	

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step8：钻孔加工	钻削加工是指刀具先快速移动到指定的加工位置上，再以切削进给速度加工到指定的深度，最后以退刀速度退回的一种孔加工类型	
Step9：刀具路径变换	利用刀具路径旋转复制功能，可简化刀具路径的创建	
Step10：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	信息 文件(F)　编辑(E) % N0010 G40 G17 G94 G90 G70 N0020 G91 G28 Z0.0 :0030 T00 M06 N0040 G0 G90 X9.9013 Y0.0 B180. S800 M03 N0050 G43 Z136.0977 H00 N0060 G1 X9.8947 Z135.6218 F300. M08 N0070 X9.8654 Z135.1467 N0080 X9.8135 Z134.6736 N0090 X9.7392 Z134.2035 N0100 X9.6426 Z133.7374 N0110 X9.524 Z133.2765 N0120 X9.3835 Z132.8218 N0130 X9.2215 Z132.3742 N0140 X9.0385 Z131.9349 N0150 X8.8347 Z131.5047

5.3　具体的加工操作过程

5.3.1　初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“凸轮导向轴.prt”（随书文件：\第 5 章\凸轮导向轴.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 5-2 所示。

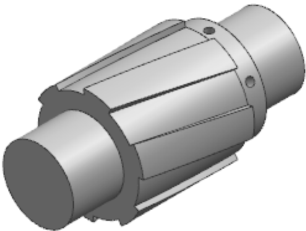


图 5-2　打开的模型文件

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi-axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 5-3 所示。

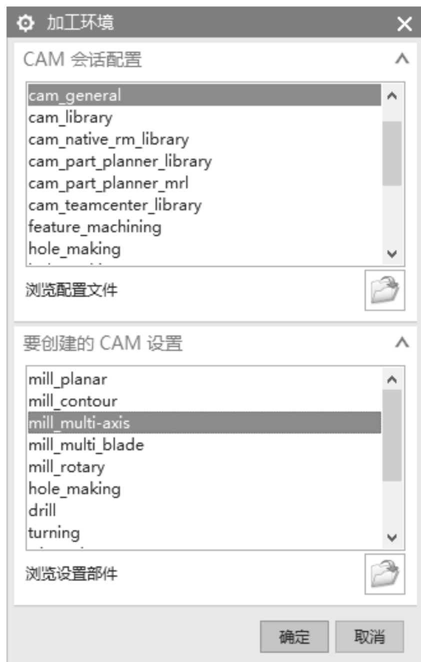


图 5-3 【加工环境】对话框

5.3.2　创建加工父级组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建加工几何组

（1）设置加工坐标系　具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标，弹出【MCS】对话框，如图 5-4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中输入移动坐标数值为（0.0000000，0.0000000，70.000000），沿着 z 轴移动 70mm，如图 5-5 所示。单击【确定】按钮返回【MCS】对话框。

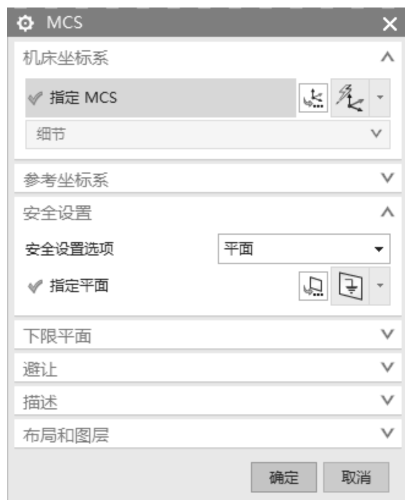


图 5-4 【MCS】对话框



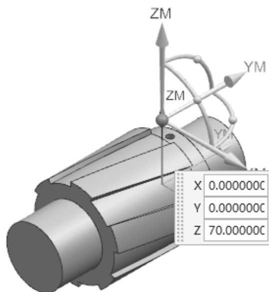


图 5-5　移动确定加工坐标系

（2）设置安全平面　在【MCS】对话框中，在【安全设置】组框中的【安全设置选项】下拉列表中选择【平面】选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【平面】对话框。在如图 5-6 所示的【平面】对话框中选择【XC-YC】图标，在【距离】文本框中输入“85”，将安全平面设置为相对于 *XC-YC* 平面的距离为 85mm。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 5-7 所示。



图 5-6 【平面】对话框

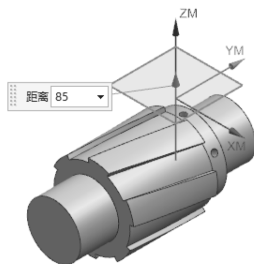


图 5-7　显示安全平面的位置

（3）创建部件几何　具体步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 5-8 所示。

② 部件几何。单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图层 20 中的实体为部件几何，如图 5-9 所示。单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。

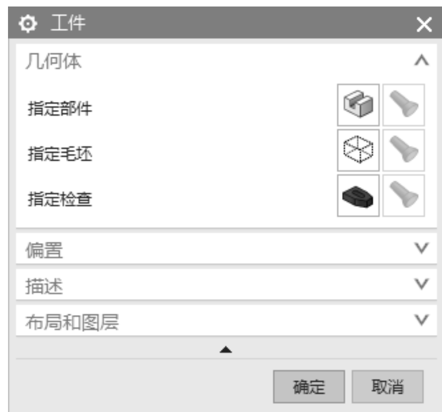


图 5-8 【工件】对话框



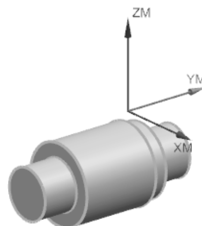


图 5-9　选择部件几何

③ 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择在图层 10 上的实体作为毛坯，如图 5-10 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。

（4）创建部件几何　步骤如下：

① 单击【插入】选项组中的【创建几何体】按钮，弹出【创建几何体】对话框，选择【WORKPIECE】图标，如图 5-11 所示。单击【确定】按钮，弹出【工件】对话框，如图 5-12 所示。

② 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛

坯几何体】对话框。选择在图层 20 上的实体作为毛坯几何体，单击【确定】按钮，完成毛坯几何的创建，如图 5-13 所示。



图 5-10　选择毛坯几何



图 5-11　【创建几何体】对话框

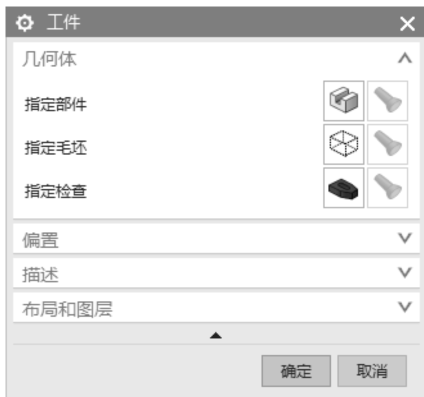


图 5-12　【工件】对话框



图 5-13　创建毛坯几何

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到【机床刀具】视图。

（1）创建 D20R10 球刀　具体步骤如下：

① 单击【插入】选项组的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D20R10”，如图 5-14 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【直径】为“20.0000”，【下半径】为“10.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 5-15 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

（2）重复上述刀具创建过程，创建刀具 D8R1 的铣刀具体步骤如下：

① 单击【插入】选项组的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D8R1”，如图 5-16 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【直径】为“8.0000”，【下

半径】为“1.0000”,【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 5−17 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 5−14 【创建刀具】对话框

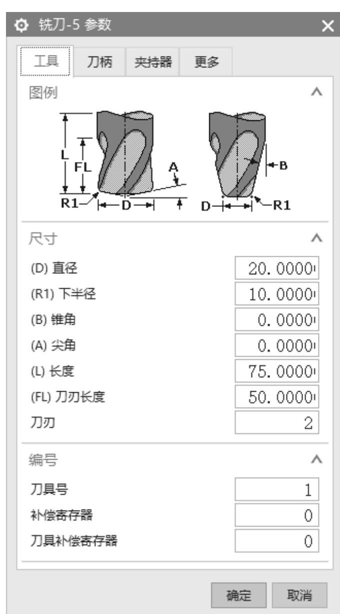


图 5−15 【铣刀-5 参数】对话框



图 5−16 【创建刀具】对话框

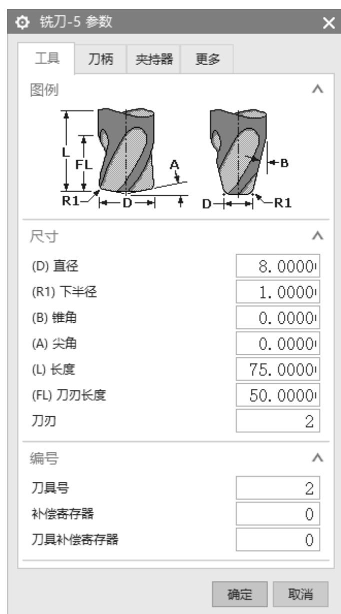


图 5−17 【铣刀-5 参数】对话框

（3）创建钻头 Z8　具体操作步骤如下：

① 单击【插入】选项组中的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“drill”,【刀具子类型】选择【DRILLING_TOOL】图标，在【名称】文本框中输入“Z8”，如图 5−18 所示。

② 单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【钻刀】对话框。在【钻刀】对话框【工具】选项卡的【尺寸】选项组中，设定【直径】为“8.0000”,【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 5−19 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 5-18　【创建刀具】对话框



图 5-19　【钻刀】对话框

3．设置加工方法组

1）单击【快速访问】工具栏上的【加工方法视图】按钮，【工序导航器】切换到【加工方法】视图。

2）双击【工序导航器】中的【MILL_FINISH】图标，弹出【铣削精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.0000”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0030”，如图 5-20 所示。单击【确定】按钮，完成精加工方法设定。



图 5-20　精加工方法设置

5.3.3　可变轴曲面轮廓铣外圆精加工

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到【程序】视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【插入】选项组中的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D20R10”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框

中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 5−21 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 5−22 所示。

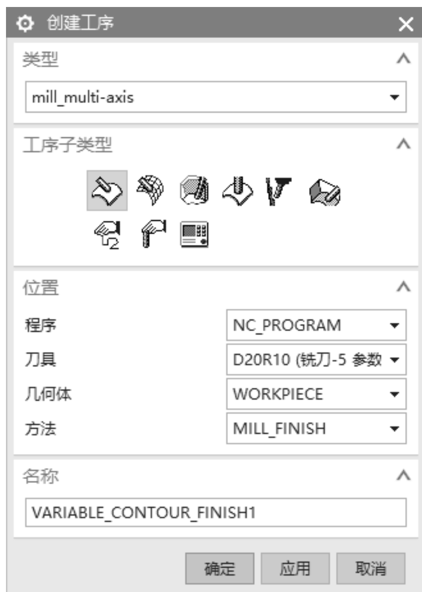


图 5−21 【创建工序】对话框



图 5−22 【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定切削区域】【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择图层 5 中的曲面作为切削区域，如图 5−23 所示，单击【确定】按钮，返回【工序】对话框。



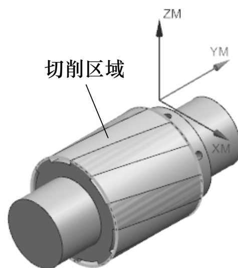


图 5−23 选择铣削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 5−24 所示。

2）在【曲面区域驱动方法】对话框的【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图层 5 中的图 5−25 所示的

曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



图 5-24 【曲面区域驱动方法】对话框



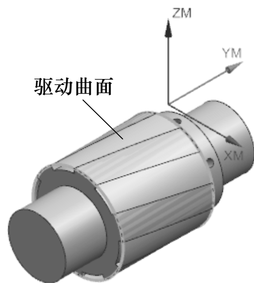


图 5-25　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择如图 5-26 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 5-27 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“螺旋”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.0050”，如图 5-28 所示。

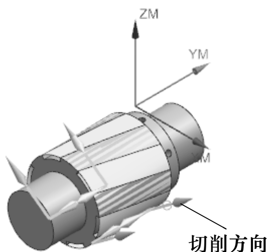


图 5-26　选择切削方向

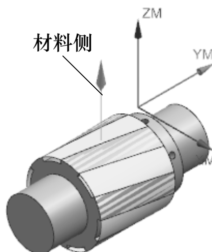


图 5-27　设置材料侧方向



图 5-28　驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【刀轴】为“垂直于驱动体”，如图 5-29 所示。

5．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择“刀轴”，如图 5-30 所示。



图 5-29　选择刀轴方向



图 5-30　选择投影矢量

6．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【多刀路】选项卡中设置【部件余量偏置】为“2.0000”，【增量】为 1.0000，其他参数如图 5-31 所示。

2）在【更多】选项卡中设置【切削步长】为“刀具百分比”，并在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，如图 5-32 所示。



图 5-31　【余量】选项卡



图 5-32　【更多】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】组框中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1）在【进刀】选项卡的【开放区域】选项组中，【进刀类型】设为“圆弧-平行于刀轴”，其他参数如图 5-33 所示。

2）在【退刀】选项卡的【退刀】选项组中的【退刀类型】下拉列表框中选择“与进刀相同”，如图 5-34 所示。



图 5-33　【进刀】选项卡



图 5-34　【退刀】选项卡

3）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为 800.0000，【切削】速度为“600.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 5-35 所示。

9．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 5-36 所示。



图 5-35　【进给率和速度】对话框

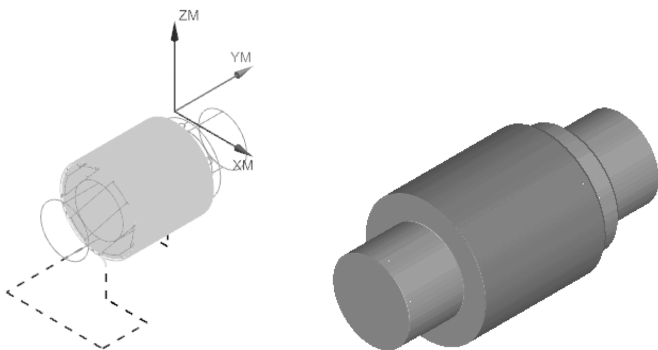


图 5-36　刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

5.3.4　可变轴曲面轮廓槽精加工

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，在快捷菜单中选择【粘贴】命令，如图 5-37 所示。

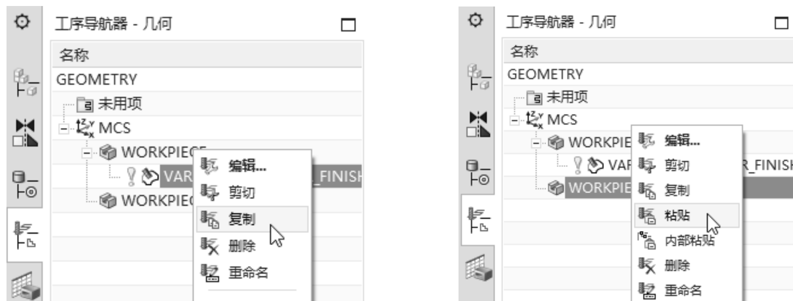


图 5-37　复制工序

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”，如图 5-38 所示。

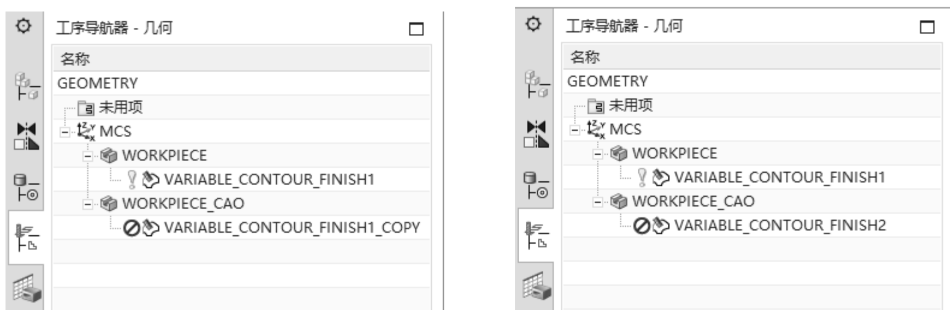


图 5-38　重命名工序

2．更改切削区域

在【几何体】组框中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择图层 30 中的曲面作为切削区域，如图 5-39 所示，单击【确定】按钮，返回【工序】对话框。



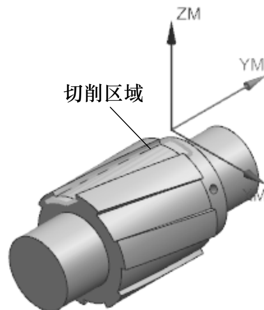


图 5-39　选择切削区域

3．更改驱动参数

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 5-40 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除原有的驱动曲面后，选择图层 30 中的如图 5-41 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 5-42 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，



图 5-40 【曲面区域驱动方法】对话框

确认材料侧方向如图 5−43 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“往复”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.0050”，如图 5−44 所示。



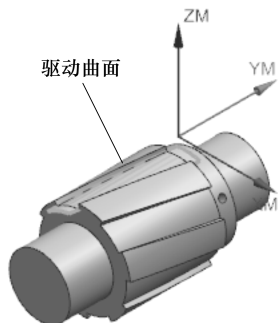
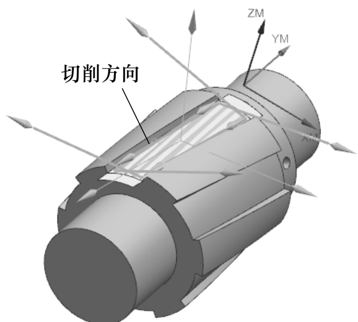


图 5−41　选择驱动曲面



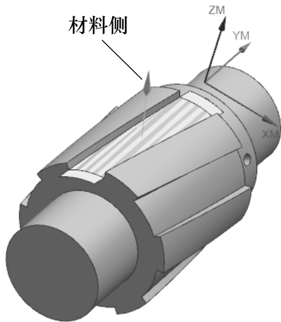




图 5−42　选择切削方向　　图 5−43　设置材料侧方向　　图 5−44　驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4. 更改刀具

在【可变轮廓铣】对话框中【工具】选项组中选择【刀具】为“D8R1”，如图 5−45 所示。





图 5−45　更改刀具

5．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组的【进给和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴转速】为 1200.0000r/min（图中 rpm），切削速度为“800.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 5-46 所示。



图 5-46 【进给率和速度】对话框

6．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 5-47 所示。

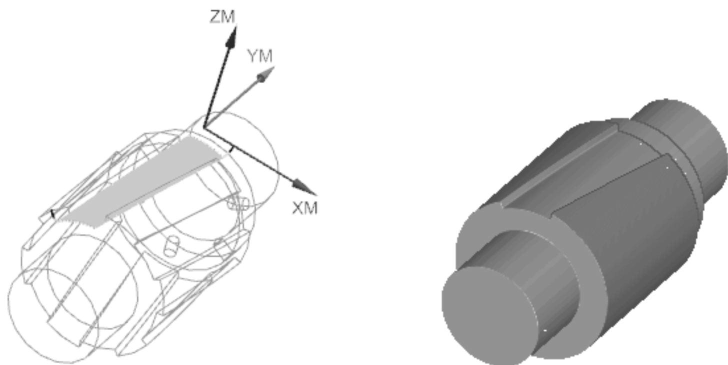


图 5-47 刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

5.3.5　旋转阵列复制槽工序

1）在【工序导航器】窗口中选中 VARIABLE_FINISH2 加工工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 5-48 所示。

2）在弹出的【变换】对话框中【类型】中选择【绕直线旋转】,【变换参数】选项组中的【直线方法】选择“点和矢量”,【指定矢量】为 YC,【指定点】为原点（0，0，0），其他参数如图 5-49 所示。

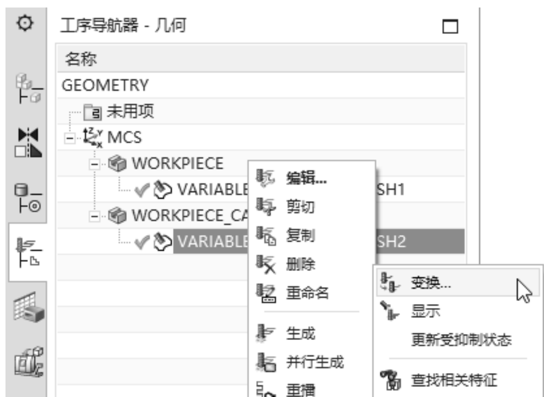


图 5-48　菜单快捷命令



图 5-49 【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 5-50 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【主页】选项卡中【工序】选项组的【确认刀轨】按钮，可验证刀轨，如图 5-51 所示。

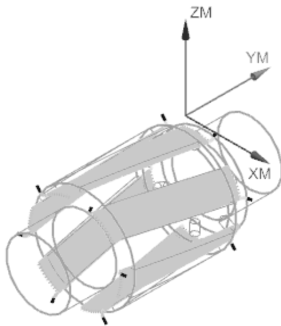


图 5-50　旋转复制的切削刀具路径

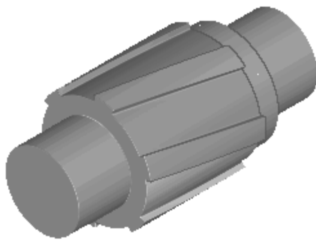


图 5-51　刀具路径切削验证

5.3.6　创建钻孔加工

1．创建工序

1）单击【插入】选项组中的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在 【类型】下拉列表框中选择“drill”,【工序子类型】选择第 1 行第 3 个图标（DRILLING）,【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”,【刀具】选择“Z8”,【几何体】选择“WORKPIECE_CAO”,【方法】选择“DRILL_METHOD”，在【名称】文本框中输入“DRILLING_FINISH3”，如图 5-52 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【钻孔】对话框，如图 5-53 所示。



图 5-52 【创建工序】对话框



图 5-53 【钻孔】对话框

2. 创建加工几何

（1）选择加工点 具体步骤如下：

① 在【钻孔】对话框中单击【几何体】选项组的【指定孔】选项后的【选择或编辑孔几何体】按钮，弹出【点到点几何体】对话框，如图 5-54 所示。

② 单击【选择】按钮，弹出选择加工位置对话框，如图 5-55 所示。在图形区选择图 5-56 所示的孔。依次单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框。



图 5-54 【点到点几何体】对话框



图 5-55 选择加工位置对话框

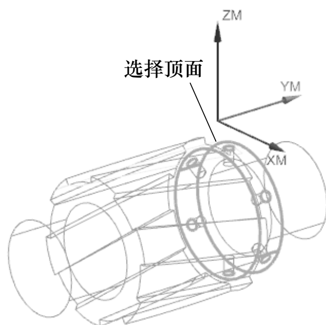


图 5-56　选择钻孔位置

（2）指定顶面　单击【几何体】选项组的【指定顶面】选项后的【选择或编辑定面几何体】按钮，弹出【顶面】对话框，如图 5-57 所示。选择图 5-58 所示的平面作为顶面。单击【确定】按钮，返回工序对话框。



图 5-57　【顶面】对话框

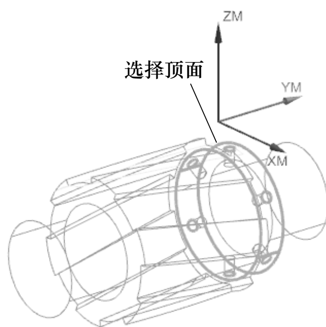


图 5-58　选择顶面

3．选择循环类型和循环参数

1）在【循环类型】选项组的【循环】下拉列表框中选择“标准钻”，弹出【指定参数组】对话框，在【Number of Sets】文本框中输入“1”，如图 5-59 所示。然后单击【确定】按钮。



图 5-59　【指定参数组】对话框



图 5-60　【Cycle 参数】对话框

2）系统弹出如图 5-60 所示的【Cycle 参数】对话框，单击【Depth-模型深度】按钮，弹出【Cycle 深度】对话框，单击【模型深度】按钮，如图 5-61 所示。单击【确定】按钮返回。

3）单击【Rtrcto-无】按钮，弹出图 5-62 所示的对话框，单击【自动】按钮，然后单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框。

4）在【循环类型】选项组中的【最小安全距离】文本框中输入“15.0000”，如图 5-63 所示。



图 5-61 【Cycle 深度】对话框



图 5-62 指定退刀距离



图 5-63 设置最小安全距离

（注意）“退刀距离”是指部件表面沿刀轴方向到退刀点的距离，“自动”系统自动确定退刀距离。

（注意）“最小安全距离”定义了每个工序安全点。通常，在该点处刀具运动从“快速进给率”或“进刀进给率”变为“切削进给率”。

4. 设置深度偏置

在【深度偏置】选项组中设置【通孔安全距离】为“1.5”，【盲孔余量】为“0”。

5. 设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，【切削】速度为“50.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数设置，如图 5-64 所示。



图 5-64 【进给率和速度】对话框

6. 生成刀具路径并验证

1）在【钻孔】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 5-65 所示。

2）单击【钻孔】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 5-66 所示。

3）单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框，然后单击【确定】按钮，完成孔加工工序。

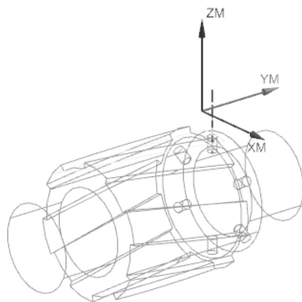


图 5-65　生成刀具路径

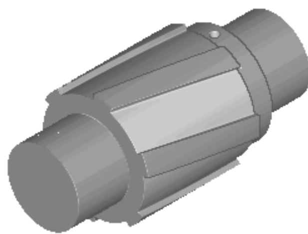


图 5-66　实体切削验证

5.3.7　旋转阵列复制钻孔工序

1）在【工序导航器】窗口中选中 VARIABLE_FINISH3 加工工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 5-67 所示。

2）在弹出的【变换】对话框中的【类型】中选择【绕直线旋转】,【变换参数】选项组中的【直线方法】选择“点和矢量”,【指定矢量】为 YC,【指定点】为原点（0，0，0），其他参数如图 5-68 所示。

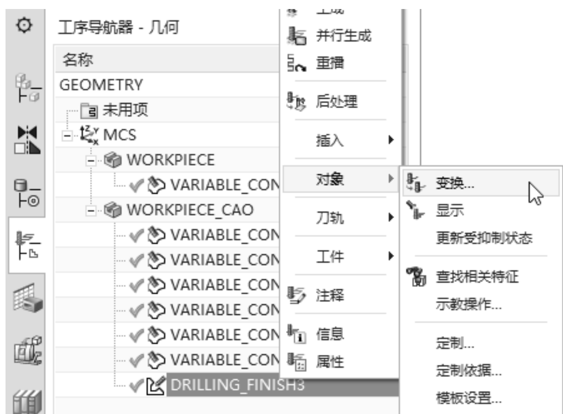


图 5-67　菜单快捷命令



图 5-68　【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 5-69 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【主页】选项卡中【工序】组中的【确认刀轨】按钮，可验证刀轨，如图 5-70 所示。

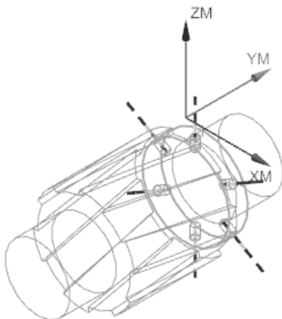


图 5-69　旋转复制的切削刀具路径

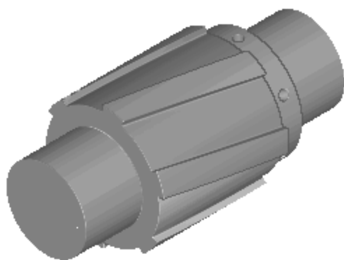


图 5-70　刀具路径切削验证

5.3.8 刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组中的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 5-71 所示。

2）选择“MILL_4 AXIS”后处理器类型，选择好合适的输出文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 5-72 所示。

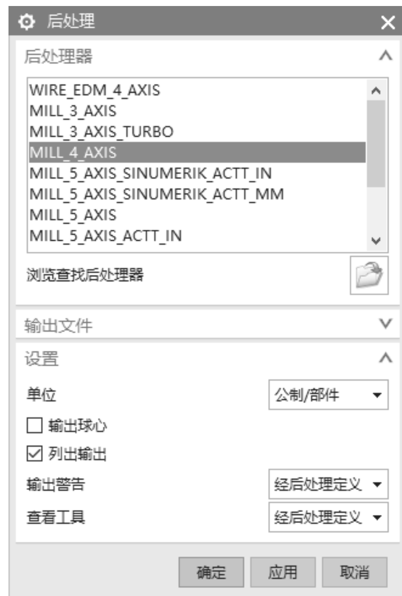


图 5-71 【后处理】对话框

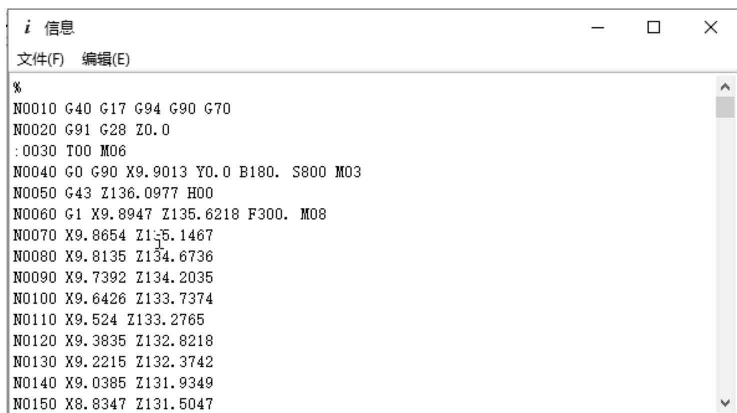


图 5-72 生成的 NC 代码

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 5 章\凸轮导向轴完成.prt）。

5.4 实例小结

本章以凸轮导向轴为例，讲解了曲面区域、曲线驱动的可变轴曲面轮廓铣四轴加工方法。读者学习时，需要重点掌握四轴加工中刀轴设置方法，领悟可变轴曲面轮廓铣方法的特点，并比较与第 4 章导向轮加工的不同。

第 6 章　四轴铣削加工经典实例——螺旋铣刀数控加工

本例加工对象为螺旋铣刀，它的外形结构如图 6-1 所示。读者通过本章学习，将熟悉可变轴曲面轮廓铣的曲面驱动方法、四轴刀轴设置以及旋转阵列刀具路径的具体应用。

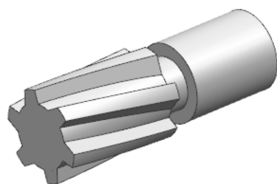


图 6-1　螺旋铣刀

6.1　实例分析

6.1.1　实例整体分析

如图 6-1 所示，螺旋铣刀结构比较复杂，刀槽呈现螺旋形，主要加工沟道和两个侧面，本例中已经完成粗加工，仅进行精加工，采用四轴加工方法进行加工。毛坯为圆柱形，已经创建好并保存在 10 图层上。

6.1.2　实例加工分析

根据零件的特点，按照加工工艺的安排原则，工序安排如下：

（1）沟道精加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“远离直线”，刀具采用ϕ4mm 锥度铣刀。

（2）左侧面精加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“远离直线”，刀具采用ϕ5R1 锥度铣刀。

（3）右侧面精加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“远离直线”，刀具采用ϕ5R1 锥度铣刀。

6.2　加工流程与每步所用知识点

螺旋铣刀数控加工具体的设计流程和知识点，见表 6-1。

表 6-1　螺旋铣刀数控加工流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（mill_multi-axis）	加工环境 CAM 会话配置 cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library feature_machining hole_making 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_planar mill_contour mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	工件 几何体 指定部件 指定毛坯 指定检查 偏置 描述 布局和图层 确定 取消
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	L FL R D A B R D
Step 4：创建加工方法组	加工方法通过对加工余量、几何体的内、外公差等设置，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数	铣削精加工 余量 部件余量 0.0000 公差 内公差 0.0300 外公差 0.0300 确定 取消
Step 5：创建可变轴曲面轮廓铣沟道加工	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择远离直线刀轴	YM ZM
Step 6：创建可变轴曲面轮廓铣左侧面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择远离直线刀轴	YM XM ZM
Step 7：创建可变轴曲面轮廓铣右侧面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择远离直线刀轴	XM YM ZM

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step8：刀具路径变换	利用刀具路径旋转功能可简化刀具路径的创建	XM YM ZM
Step9：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	i 信息 文件(F)　编辑(E) % N0010 G40 G17 G94 G90 G70 N0020 G91 G28 Z0.0 :0030 T00 M06 N0040 G0 G90 X7.1103 Y0.0 A289.234 B0.0 S4000 M03 N0050 G43 Z3.9625 H00 N0060 Z2.8602 N0070 G1 Z2.5984 F19.7 M08 N0080 X7.1096 A289.231 N0090 X7.085 A289.118 N0100 X7.0602 A289.006 N0110 X7.0355 A288.893 N0120 X7.0108 A288.78 N0130 X6.9862 A288.668 N0140 X6.9615 A288.555

6.3　具体的加工操作过程

6.3.1　初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“螺旋铣刀.prt”（随书文件：\第 6 章\螺旋铣刀.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 6-2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi-axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 6-3 所示。

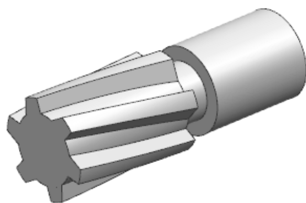


图 6-2　打开的模型文件

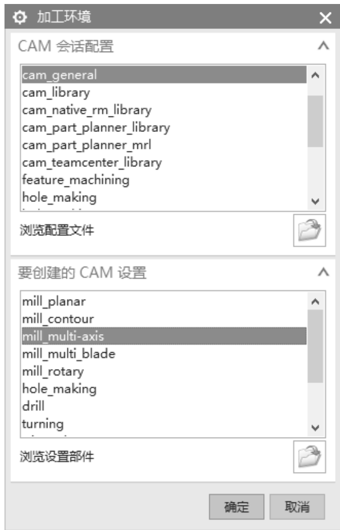


图 6-3　【加工环境】对话框

6.3.2 创建加工父级组

1．创建加工几何组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

（1）设置加工坐标系　具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标 MCS，弹出【MCS】对话框，如图 6-4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中旋转坐标系手柄，如图 6-5 所示。单击【确定】按钮，返回【MCS】对话框。

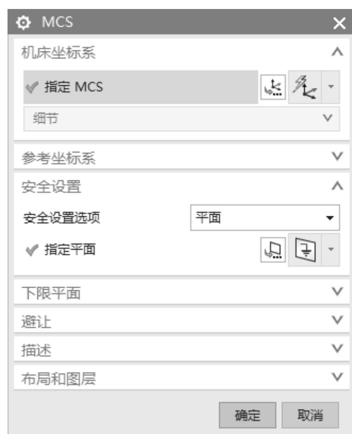


图 6-4 【MCS】对话框



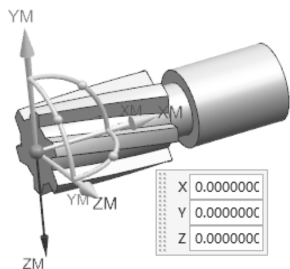


图 6-5 旋转确定加工坐标系

（2）设置安全平面　在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组的【安全设置选项】下拉列表中选择“平面”选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【刨】对话框。在图 6-6 所示的【刨】对话框中选择“YC-ZC 平面”，在【距离】文本框中输入“90”，将安全平面设置为相对于 YC-ZC 平面的距离为 90mm。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 6-7 所示。

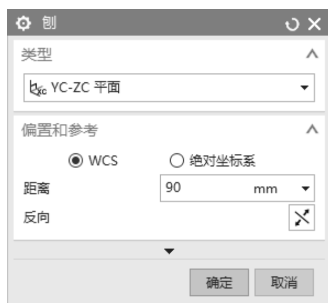


图 6-6 【刨】对话框

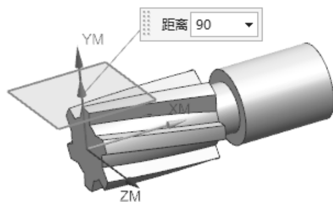


图 6-7 显示安全平面的位置

（3）创建加工几何　具体操作步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 6-8 所示。

② 单击【几何体】选项组的【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 6-9 所示的实体；单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。

③ 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择图层 10 上的实体作为毛坯，如图 6-10 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。

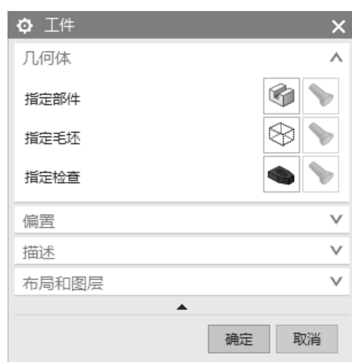


图 6-8 【工件】对话框



图 6-9　选择部件几何

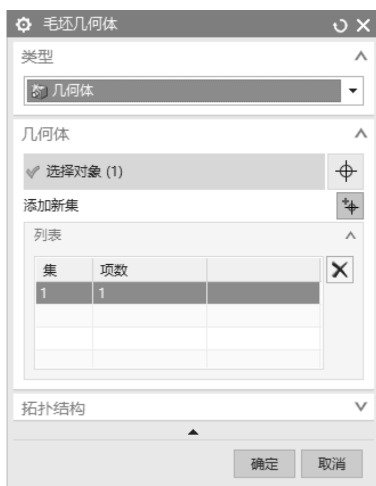


图 6-10 【毛坯几何体】对话框

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

（1）创建球刀 B4　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【BALL_MILL】图标，在【名称】文本框中输入“B4”，如图 6-11 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-球头铣】对话框。

② 在【铣刀-球头铣】对话框中的【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【球直径】为“40.0000”，【锥角】为“10.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 6-12 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

（2）创建刀具 D5R1　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D5R1”，如图 6-13 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【直径】为“50.0000”，【下半径】为“1.0000”，【锥角】为“1”，【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 6-14 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 6-11 【创建刀具】对话框

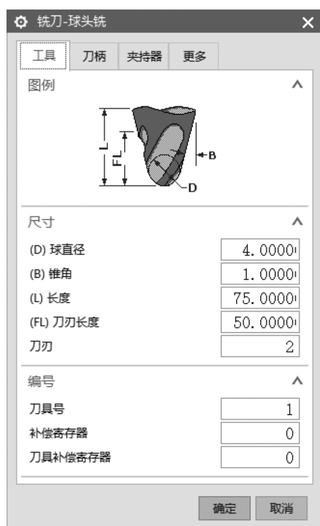


图 6-12 【铣刀-球头铣】对话框



图 6-13 【创建刀具】对话框

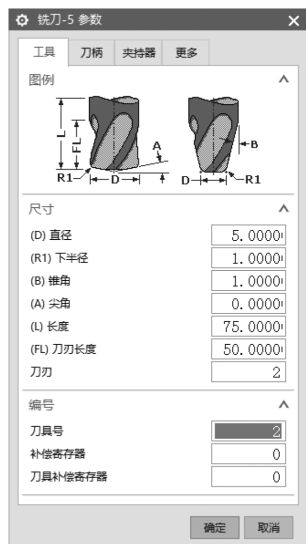


图 6-14 【铣刀-5 参数】对话框

3．设置加工方法组

单击【快速访问】工具栏上的【加工方法视图】按钮，【工序导航器】切换到加工方法视图。

双击【工序导航器】中的【MILL_FINISH】图标，弹出【铣削精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.0000”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0300”，如图 6-15 所示。单击【确定】按钮，完成精加工方法设定。



图 6-15 精加工方法设置

6.3.3 可变轴曲面轮廓铣沟道精加工

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】

对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“B4”、【几何体】选择“WORKPIECE”、【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 6-16 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 6-17 所示。



图 6-16 【创建工序】对话框



图 6-17 【可变轮廓铣】对话框

2．选择切削区域

在【可变轮廓铣】对话框的【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 6-18 所示的曲面作为切削区域，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。



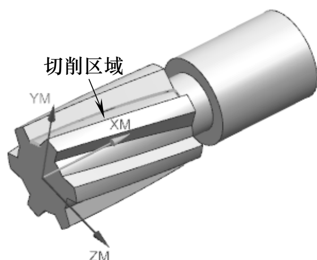


图 6-18　选择切削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 6-19 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图 6-20 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择如图 6−21 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 6−22 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“往复”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.0500”，如图 6−23 所示。



图 6−19 【曲面区域驱动方法】对话框



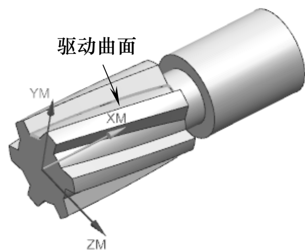


图 6−20 选择驱动曲面

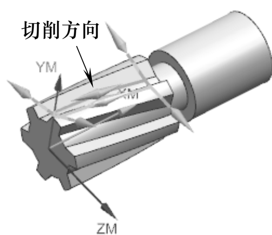


图 6−21 选择切削方向

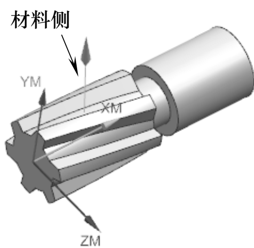


图 6−22 设置材料侧方向



图 6−23 驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．选择刀轴方向

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“远离直线”，如图 6−24 所示。

2）在弹出的【远离直线】对话框中选择【指定矢量】选项后的【矢量对话框】按钮，如图 6−25 所示，弹出【矢量】对话框，选择+ZC 轴为直线方向。



图 6−24 选择刀轴方向



图 6−25 【远离直线】对话框

3）选择【指定点】选项后的【点对话框】按钮，在弹出的【点】对话框中指定（0，0，0）为矢量起点位置，如图 6-26 所示。



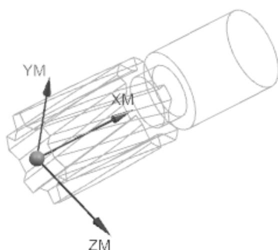


图 6-26　指定点坐标

5．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择【矢量】下拉列表框为【刀轴】，如图 6-27 所示。



图 6-27　选择投影矢量

6．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【多刀路】选项卡中，选中【多重深度切削】复选框，输入【刀路数】为“5”，如图 6-28 所示。

2）在【更多】选项卡中，【切削步长】为“刀具百分比”，并在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，如图 6-29 所示。



图 6-28　【多刀路】选项卡



图 6-29　【更多】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】选项组的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1）在【进刀】选项卡的【开放区域】选项组中，设【进刀类型】为“圆弧-平行于刀轴”，其他参数如图 6-30 所示。

2）在【退刀】选项卡中的【退刀】选项组的【退刀类型】下拉列表框中选择“与进刀相同”，如图 6−31 所示。

3）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。



图 6−30 【进刀】选项卡



图 6−31 【退刀】选项卡

8．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“4000.0000”，【切削】速度为“1000.000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 6−32 所示。

9．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 6−33 所示。



图 6−32 【进给率和速度】对话框

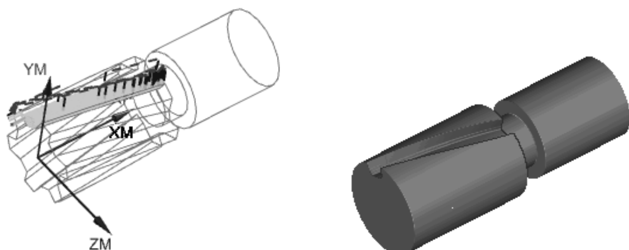


图 6−33 刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

6.3.4　可变轴曲面轮廓铣左侧面精加工

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 6−34 所示。

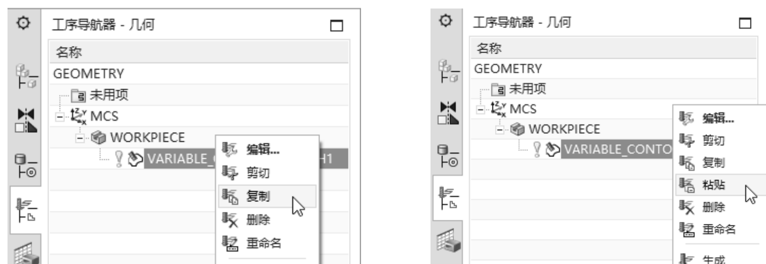


图 6−34　复制工序

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”，如图 6−35 所示。

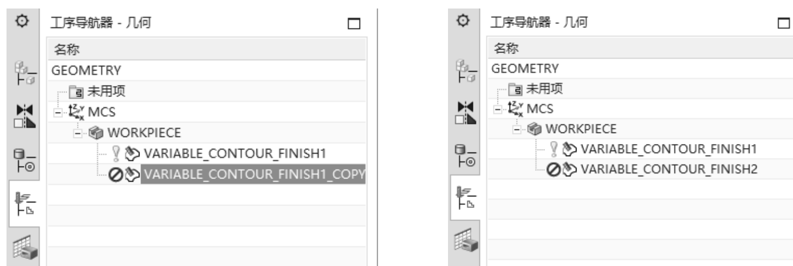


图 6−35　重命名工序

2．更改铣削区域

在【可变轮廓铣】对话框的【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 6−36 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。



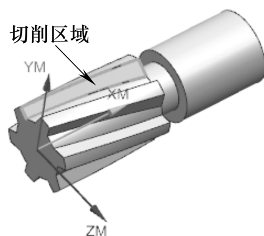


图 6−36　选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 6−37 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】

按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 6-38 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



图 6-37 【曲面区域驱动方法】对话框



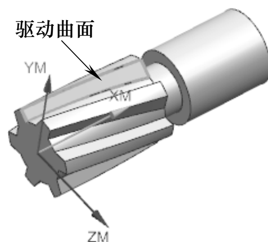


图 6-38 选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 6-39 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 6-40 所示。

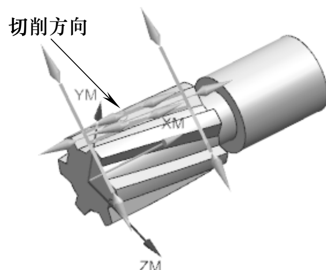


图 6-39 选择切削方向

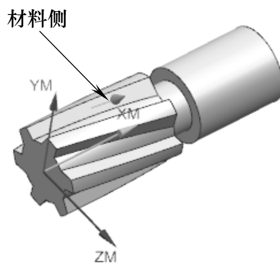


图 6-40 设置材料侧方向

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4. 更改刀具

在【工具】选项组中选择【刀具】为“D5R1”，如图 6-41 所示。

5. 设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【多刀路】选项卡中取消【多重深度切削】复选框，如图 6-42 所示。

2）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。





图 6-41 更改刀具



图 6-42 【多刀路】选项卡

6．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。单击【工序】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 6-43 所示。

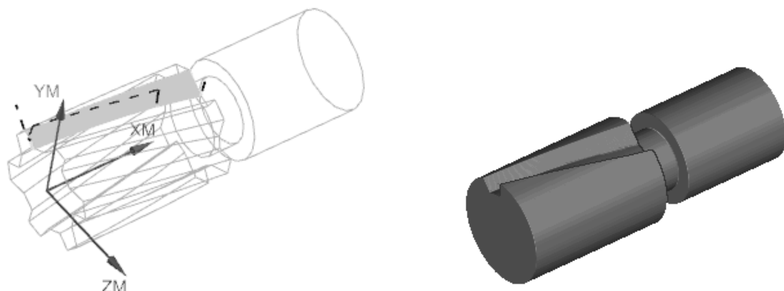


图 6-43　刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

6.3.5　可变轴曲面轮廓铣右侧面精加工

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 6-44 所示。



图 6-44　复制工序

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH3”，如图 6-45 所示。

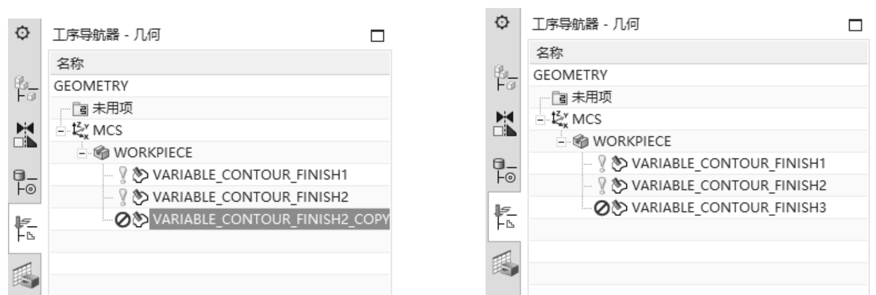


图 6-45　重命名工序

2．更改铣削区域

在【可变轮廓铣】对话框的【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 6-46 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 6-47 所示。



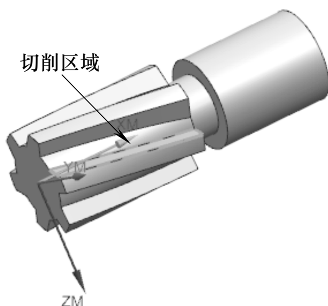


图 6-46　选择铣削区域



图 6-47　【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 6-48 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



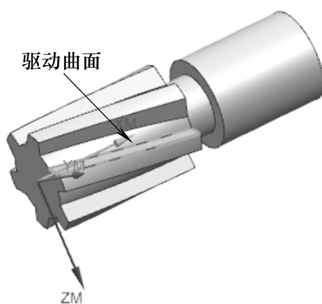


图 6-48　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 6-49 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 6-50 所示。

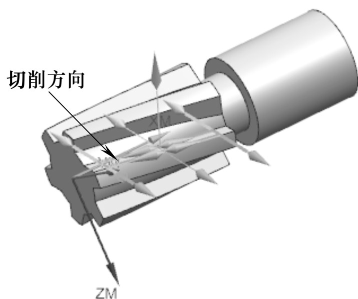


图 6-49　选择切削方向

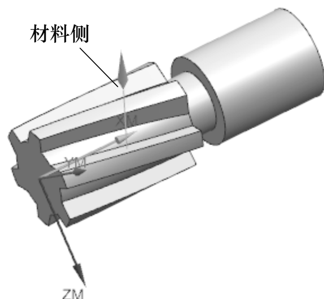


图 6-50　设置材料侧方向

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【工序】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 6−51 所示。

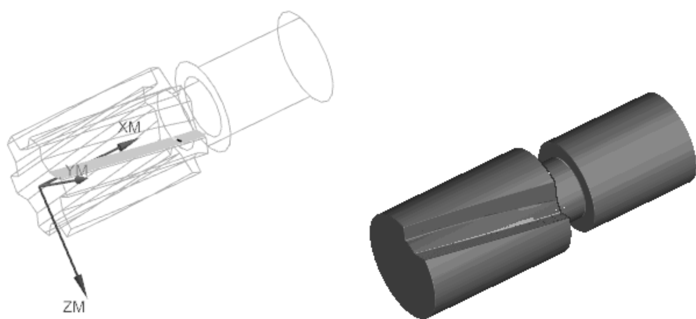


图 6−51　刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

6.3.6　旋转阵列工序

1）在【工序导航器】窗口中选中所有的加工工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 6−52 所示。

2）在弹出的【变换】对话框的【类型】选项组中选择【绕直线旋转】,【变换参数】选项组的【直线方法】选择【点和矢量】,【指定矢量】为 YC,【指定点】为原点（0，0，0），其他参数如图 6−53 所示。



图 6−52　菜单快捷命令

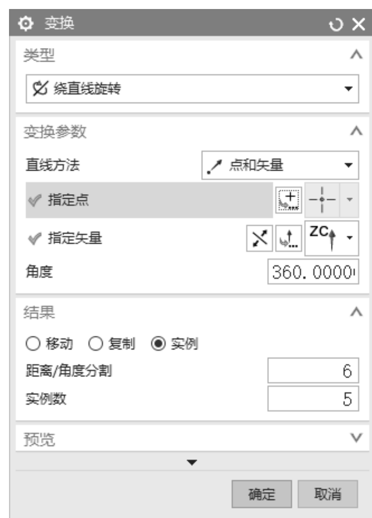


图 6−53　【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，在【工序导航器】中选中所有的工序，单击“主页”选项卡中【工序】选项组中的【确认刀轨】按钮，可验证刀轨，如图 6−54 所示。

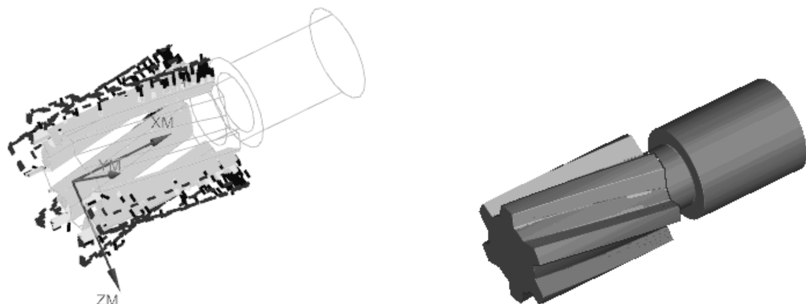


图 6-54　旋转复制的切削刀具路径和实体验证

6.3.7　刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组中的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 6-55 所示。

2）选择“MILL_4 AXIS”后处理器类型，选择好合适的输出文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 6-56 所示。



图 6-55　后处理对话框

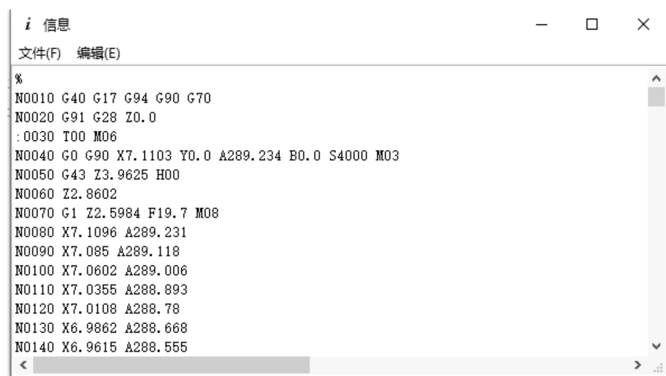


图 6-56　生成的 NC 代码

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 6 章\螺旋铣刀完成.prt）。

6.4　实例小结

本章以螺旋铣刀为例，讲解了曲面驱动的可变轴曲面轮廓铣的加工方法以及刀具路径变换。对于本章的学习，读者需要重点掌握四轴可变轴曲面轮廓铣“远离直线”刀轴的设置方法，以及旋转阵列刀具路径在产品加工中的实际应用过程。本章实例略微复杂，建议读者反复操作，以巩固学习效果。

07

第 7 章　五轴铣削加工入门实例——泳镜凸模数控加工

本例加工对象为泳镜凸模，它的外形结构如图 7−1 所示。通过此加工实例的学习，读者将掌握可变轴曲面轮廓铣的曲面驱动方法、五轴刀轴设置的方法等。

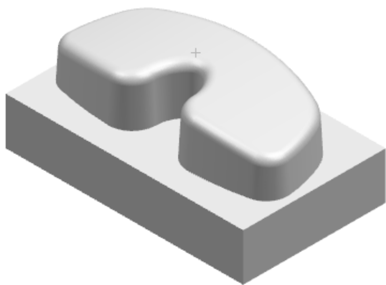


图 7−1　泳镜凸模

7.1　实例分析

7.1.1　实例整体分析

泳镜凸模如图 7−1 所示，侧面具有一定的斜度，分型面为一个平面。材料为模具钢，工件底部安装在工作台上。

7.1.2　实例加工分析

泳镜凸模较为复杂，根据数控加工工艺原则，采用工艺路线为“粗加工”→“半精加工”→“精加工”，具体内容如下：

（1）粗加工　首先采用较大直径的刀具进行粗加工以便于去除大量多余留量，粗加工采用型腔铣环切的方法，刀具为ϕ12R2 的圆角刀。

（2）半精加工　进行粗加工后再进行半精加工。采用等高轮廓铣加工方法，设置加工曲面预留量为 0.5mm，刀具为ϕ6mm 圆角刀。

（3）精加工　精加工采用分区加工，具体如下：

① 上表面加工：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“垂直于驱动体”，刀具采用ϕ6mm 球刀。

② 圆角加工：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“相对于矢量”，刀具采用ϕ6mm 球刀。

③ 侧面加工：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“侧刃驱动体”，刀具采用ϕ6R3 球刀。

④ 分型面加工：分型面采用型腔铣三轴加工，通过设置切削层只进行一层铣削加工，刀具采用ϕ12R2 圆角刀。

7.2　加工流程与每步所用知识点

泳镜凸模数控加工具体的设计流程和知识点，见表 7−1。

表 7-1　泳镜凸模数控加工流程和知识点

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（mill_multi-axis）	
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	
Step 4：创建加工方法组	加工方法通过对加工余量、几何体的内、外公差等设置，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数	
Step 5：创建型腔铣	型腔铣工序可移除平面层中的大量材料，最常用在精加工工序之前对材料进行粗铣	
Step 6：创建等高轮廓铣半精加工	等高轮廓铣工序用于多个切削层铣削实体或曲面的轮廓，特别适合陡峭曲面的加工	

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 7：创建可变轴曲面轮廓精加工顶面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step 8：创建可变轴曲面轮廓精加工圆面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step 9：创建可变轴曲面轮廓精加工侧面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，可选择投影矢量、驱动方法和刀轴来控制刀具移动	
Step 10：创建型腔铣分型面精加工	通过控制切削层只进行单层铣削加工，从而实现型腔铣平面加工	
Step 11：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	信息 文件(F) 编辑(E) % N0010 G40 G17 G94 G90 G70 N0020 G91 G28 Z0.0 :0030 T00 M06 N0040 G0 G90 X0.0 Y2.8346 A0.0 B0.0 S600 M03 N0050 G43 Z1.1811 H00 N0060 Z.0409 N0070 G1 Z-.0772 F11.8 M08 N0080 Y2.4409 N0090 X3.9293 N0100 G2 X4.0157 Y2.3547 I.0001 J-.0863 N0110 G1 Y-2.3548 N0120 G2 X3.9294 Y-2.4409 I-.0863 J.0001 N0130 G1 X-3.9293 N0140 G2 X-4.0157 Y-2.3547 I-.0001 J.0863 N0150 G1 Y2.3548

7.3 具体的加工操作过程

7.3.1 初始化加工环境

1. 打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“泳镜凸模.prt”（随书文件：\第 7 章\泳镜凸模.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如

图 7–2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi–axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 7–3 所示。

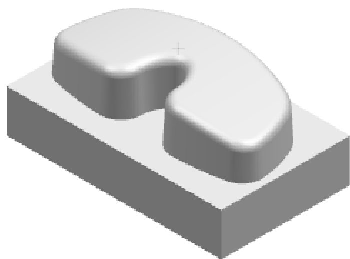


图 7–2　打开的模型文件

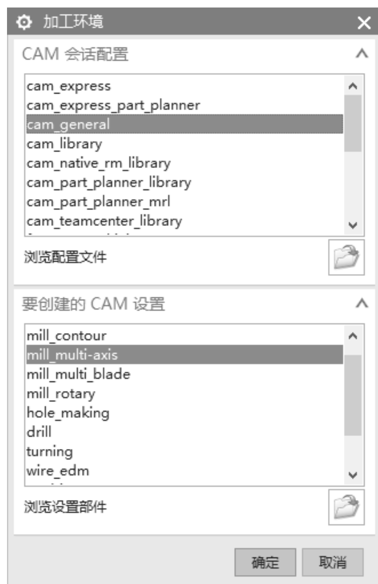


图 7–3　【加工环境】对话框

7.3.2　创建加工父级组

1．创建加工几何组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

（1）设置加工坐标系　具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标，弹出【MCS】对话框，如图 7–4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中拖动坐标系手柄移动到图 7–5 所示的点，单击【确定】按钮，返回【MCS】对话框。



图 7–4　【MCS】对话框



图 7–5　旋转确定加工坐标系

（2）设置安全平面　在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择“平面”选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【刨】对话框。在图 7−6 所示的【刨】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“XC−YC 平面”图，在【偏置和参考】选项组中选择图 7−6 所示的面，在【偏置和参考】选项组中的【距离】文本框中输入“120”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 7−7 所示。

（3）创建加工几何　具体操作步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 7−8 所示。



图 7−6 【刨】对话框

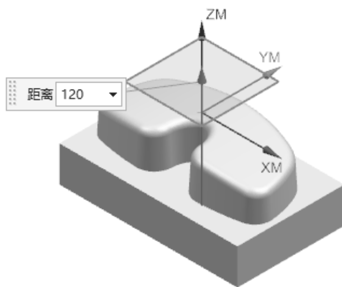


图 7−7　显示安全平面的位置

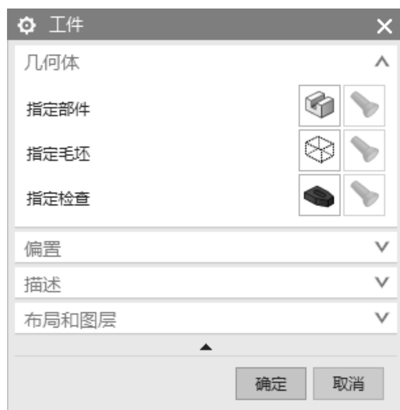


图 7−8 【工件】对话框

② 单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 7−9 所示的实体。单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。



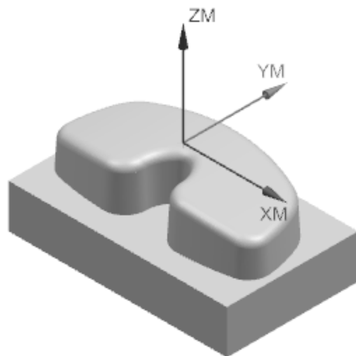
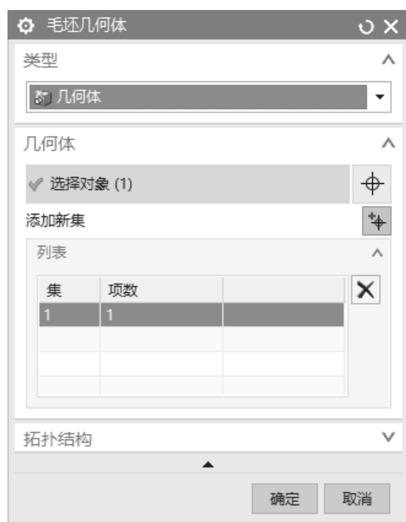


图 7−9　选择部件几何

③ 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择图层 10 上的实体作为毛坯，如图 7−10 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



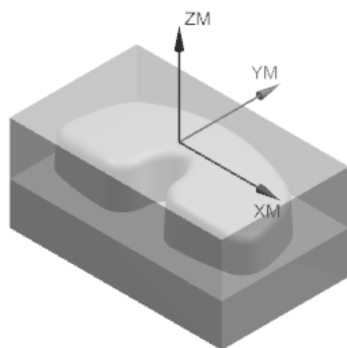


图 7-10 【毛坯几何体】对话框

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

（1）创建刀具 D12R2 具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D12R2”，如图 7-11 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【直径】为“12.0000”，【下半径】为“2.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 7-12 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 7-11 【创建刀具】对话框

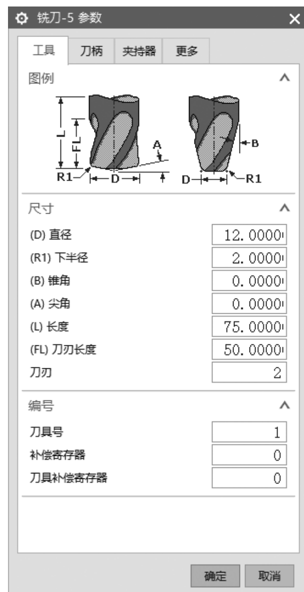


图 7-12 【铣刀-5 参数】对话框

（2）创建刀具 D6R1 具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_contour”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D6R1”，

如图 7-13 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀 5-参数】对话框。

② 在【铣刀 5-参数】对话框中的【工具】选项卡中的【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.0000”，【下半径】为“1.0000”，【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 7-14 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 7-13　【创建刀具】对话框

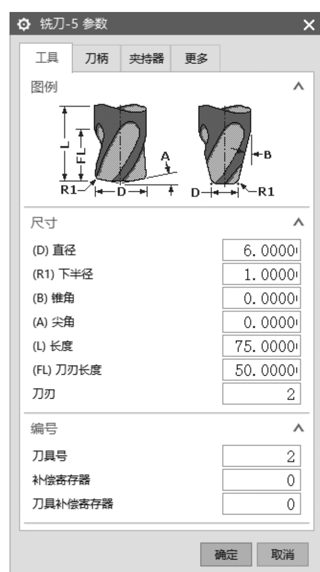


图 7-14　【铣刀-5 参数】对话框

（3）创建刀具 D6R3　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D6R3”，如图 7-15 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【工具】选项卡中的【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.0000”，【下半径】为“3.0000”，【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 7-16 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 7-15　【创建刀具】对话框

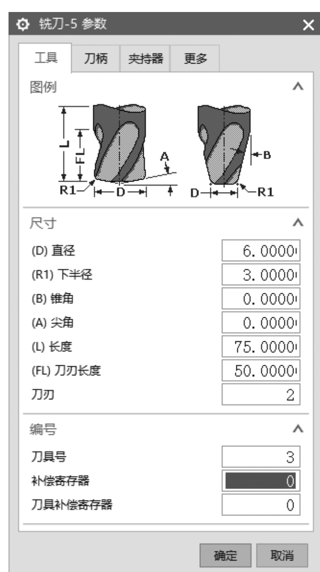


图 7-16　【铣刀-5 参数】对话框

3．设置加工方法组

单击【快速访问】工具栏上的【加工方法视图】按钮，【工序导航器】切换到加工方法视图。

1）双击【工序导航器】中的【MILL_ROUGH】图标，弹出【铣削粗加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“1.0000”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.3000”，如图 7-17 所示。单击【确定】按钮，完成粗加工方法设定。

2）双击【工序导航器】中的【MILL_SEMI_FINISH】图标，弹出【铣削半精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.5000”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0300”，如图 7-18 所示。单击【确定】按钮，完成半精加工方法设定。

3）双击【工序导航器】中的【MILL_FINISH】图标，弹出【铣削精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.0000”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0030”，如图 7-19 所示。单击【确定】按钮，完成精加工方法设定。



图 7-17　粗加工方法设置



图 7-18　半精加工方法设置



图 7-19　精加工方法设置

7.3.3　型腔铣粗加工

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建工序

1）单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】下拉列表框中选择 mill_contour，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（CAVITY_MILL），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“D12R2”、【几何体】选择“WORKPIECE”、【方法】选择“MILL_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“CAVITY_MILL_ROUGH”，如图 7-20 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【型腔铣】对话框，如图 7-21 所示。



图 7-20　【创建工序】对话框



图 7-21　【型腔铣】对话框

2．选择切削模式和设置切削用量

在【型腔铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 7−22 所示。

1）选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

2）设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平面直径百分比】文本框中输入“50.0000”;

3）设定层铣深度：【公共每刀切削深度】设为“恒定”，在【最大距离】文本框中输入“2.0000”。

3．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

1）【策略】选项卡：【切削方向】为“顺铣”，【切削顺序】为“层优先”，其他参数设置如图 7−23 所示。



图 7−22　选择切削模式和设置切削用量



图 7−23　【策略】选项卡

2）【更多】选项卡：在【原有】的选项组中，勾选【区域连接】【边界逼近】和【容错加工】复选框，如图 7−24 所示。

3）单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

4．设置非切削运动

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削参数】按钮，弹出【非切削移动】对话框，进行非切削参数设置。

1）【进刀】选项卡：【封闭区域】选项组的【进刀类型】为“螺旋”、【直径】为“90.0000”，【初始封闭区域】选项组的【进刀类型】为“与封闭区域相同”，其他参数设置如图 7−25 所示。



图 7−24　【更多】选项卡



图 7−25　【进刀】选项卡

2）【退刀】选项卡：【退刀】选项组的【退刀类型】为“线性”，其他参数设置如图 7–26 所示。

3）【转移/快速】选项卡：【安全设置】选项组的【安全设置选项】为“使用继承的”，其他参数设置如图 7–27 所示。

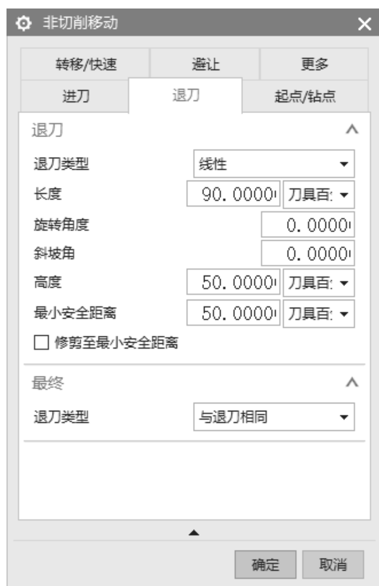


图 7–26 【退刀】选项卡



图 7–27 【转移/快速】选项卡

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

5. 设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“600.0000”，【切削】速度为“300.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数如图 7–28 所示。



图 7–28 【进给率和速度】对话框

6. 生成刀具路径并验证

1）在【型腔铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 7–29 所示。

2）单击【型腔铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7–30 所示。

3）单击【确定】按钮，返回【型腔铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成型腔铣粗加工工序。

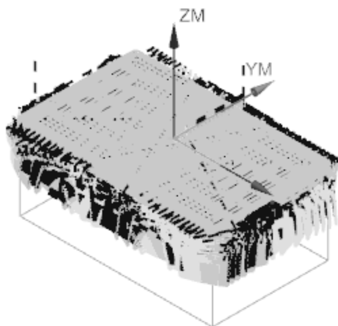


图 7-29　生成刀具路径

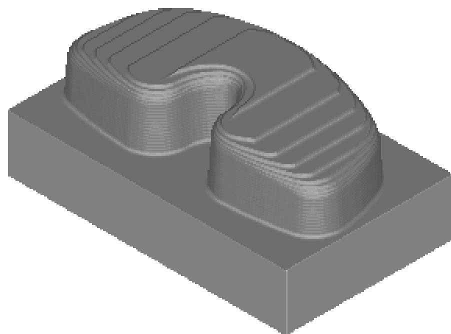


图 7-30　实体切削验证

7.3.4　等高轮廓铣半精加工

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框，在【类型】下拉列表框中选择“mill_contour”，【工序子类型】选择第 1 行第 5 个图标（ZLEVEL_PROFILE），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“D6R1”、【几何体】选择“WORKPIECE”、【方法】选择“MILL_SEMI_FINISH”，在【名称】文本框中输入“ZLEVEL_PROFILE_SEMI”，如图 7-31 所示。

2）单击【确定】或者【应用】按钮，弹出【深度轮廓加工】对话框，如图 7-32 所示。



图 7-31　【创建工序】对话框



图 7-32　【深度轮廓加工】对话框

2．指定修剪边界

1）单击【几何体】选项组中的【指定修剪边界】后的【选择或编辑修剪边界】按钮，弹出【修剪边界】对话框，在【选择方法】中选择“面”、【修剪侧】为“外部”，如图 7-33 所示。

2）在图形区选择图 7-34 所示的边线作为修剪边界，单击【确定】按钮完成。



图 7-33 【修剪边界】对话框

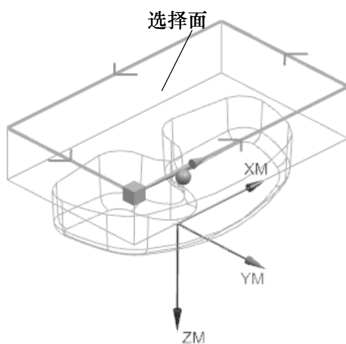


图 7-34 选择修剪边界

3．设置合并距离和切削深度

在【刀轨设置】选项组中设置相关参数，如图 7-35 所示。

1）在【陡峭空间范围】下拉列表框中选择“无”选项。

2）【合并距离】文本框中输入“3.0000”,【最小切削长度】为“1.0000”,【公共每刀切削深度】为“恒定”,【最大距离】为“1.0000”。

4．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）【策略】选项卡：在【切削】选项组中设【切削方向】为“顺铣”,【切削顺序】为“深度优先”，取消【在边上延伸】和【在边上滚动刀具】复选框，其他接受默认设置，如图 7-36 所示。

2）【连接】选项卡：在【层之间】选项组中设【层到层】为“使用转移方法”，勾选【在层之间切削】和【短距离移动上的进给】复选框，如图 7-37 所示。



图 7-35 设置刀轨参数



图 7-36 【策略】选项卡



图 7-37 【连接】选项卡

3）单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5．设置非切削运动

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削参数】按钮，弹出【非切削移动】对话框，进行非切削参数设置。

1）【进刀】选项卡：设【开放区域】选项组中的【进刀类型】为“圆弧”,【初始开放区域】的【进刀类型】为“与开放区域相同”，其他参数设置如图 7-38 所示。

2）【退刀】选项卡：【退刀】选项组的【退刀类型】为“与进刀相同”，其他参数设置如图 7-39 所示。

3）【转移/快速】选项卡：【安全设置】选项组的【安全设置选项】为“使用继承的”，其他参数设置如图 7-40 所示。



图 7-38　【进刀】选项卡



图 7-39　【退刀】选项卡



图 7-40　【转移/快速】选项卡



图 7-41　【进给率和速度】对话框

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

6．设置进给和速度

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1 000.000”,【切削】速度为“600.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数如图 7-41 所示。

7．生成刀具路径并验证

1）在【深度轮廓加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 7−42 所示。

2）单击【深度轮廓加工】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7−43 所示。

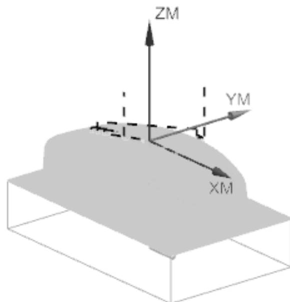


图 7−42　生成刀具路径

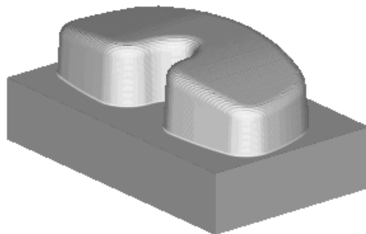


图 7−43　实体切削验证

3）单击【深度轮廓加工】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【深度轮廓加工】对话框。

7.3.5　可变轴曲面轮廓铣精加工顶面

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“D6R3”、【几何体】选择“WORKPIECE”、【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 7−44 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 7−45 所示。



图 7−44　【创建工序】对话框



图 7−45　【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择图 7–46 所示图层 4 上的曲面，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 7–47 所示。



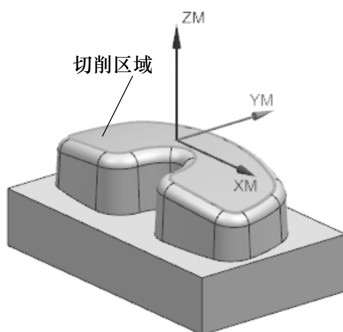


图 7–46　选择铣削区域



图 7–47　【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图 7–48 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



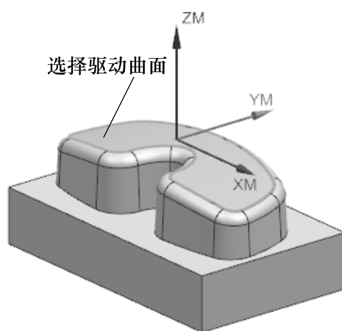


图 7–48　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 7–49 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 7–50 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“螺旋”，【步距】为“残余高度”，【最大残余高度】为“0.0050”，如图 7–51 所示。

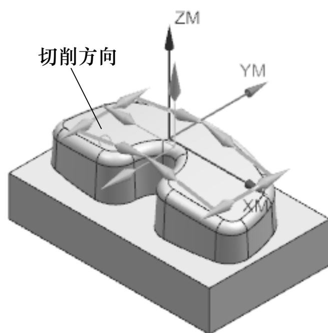


图 7-49 选择切削方向

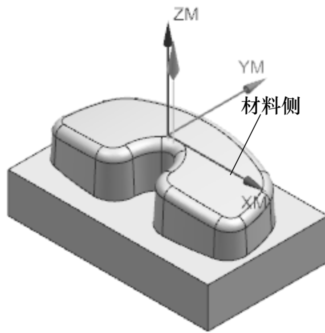


图 7-50 设置材料侧方向



图 7-51 驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4. 选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择【矢量】为“刀轴”，如图 7-52 所示。

5. 选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“垂直于驱动体”，如图 7-53 所示。



图 7-52 选择投影矢量



图 7-53 选择刀轴方式

6. 设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【刀轴控制】选项卡：在【最大角度更改】选项组中设【最大刀轴更改】为“10.0000”，【最

小刀轴更改】为“5.0000”，如图 7–54 所示。

2）在【更多】选项卡：【切削步长】为“刀具百分比”，并在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，如图 7–55 所示。



图 7–54 【刀轴控制】选项卡



图 7–55 【更多】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1)【进刀】选项卡：在【开放区域】选项组中，设【进刀类型】为“圆弧–相切逼近”，其他参数设置如图 7–56 所示。

2)【退刀】选项卡：在【退刀】选项卡中的【退刀类型】下拉列表框中选择“与进刀相同”和“与开放区域退刀相同”，如图 7–57 所示。



图 7–56 【进刀】选项卡

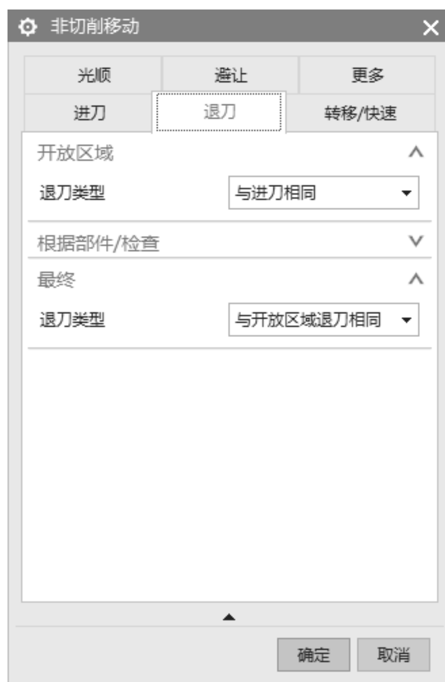


图 7–57 【退刀】选项卡

3）【转移/快速】选项卡：在【公共安全设置】选项组中设【安全设置选项】为“包容块”，其他参数设置如图 7-58 所示。

① 在【区域之间】选项组中设置“逼近”“离开”“移刀”参数，如图 7-59 所示。



图 7-58 【转移/快速】选项卡



图 7-59 设置区域之间参数

② 在【区域内】和【初始和最终】选项组中设置“逼近”“离开”“移刀”参数，如图 7-60 所示。

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8. 设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1500.000”，【切削】速度为“800.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数设置如图 7-61 所示。

9. 生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 7-62 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮▶，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7-63 所示。

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。



图 7-60　设置区域内参数



图 7-61　【进给率和速度】对话框

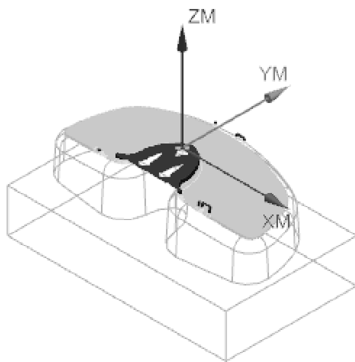


图 7-62　生成刀具路径

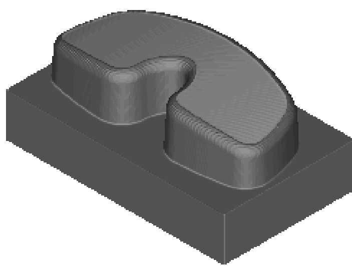


图 7-63　实体切削验证

7.3.6　可变轴曲面轮廓铣精加工圆角

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 7-64 所示。

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”，如图 7-65 所示。

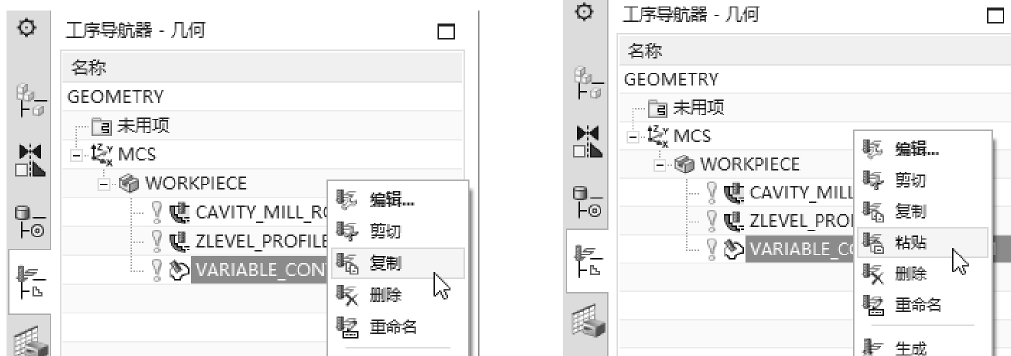


图 7-64 复制工序

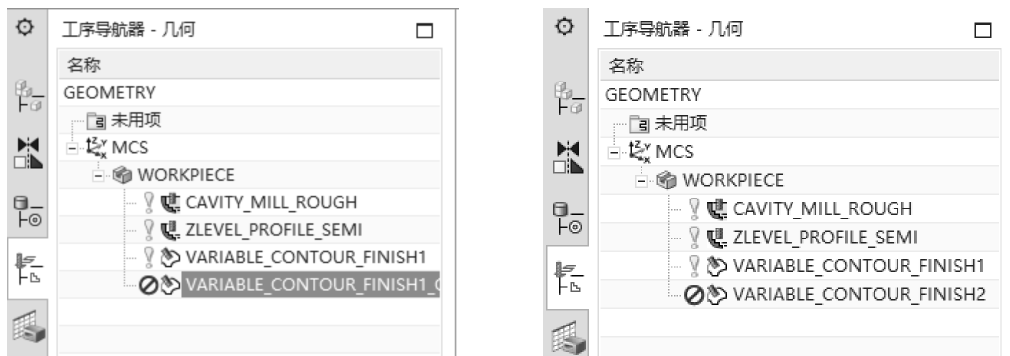


图 7-65 重命名工序

2．更改铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 7-66 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。



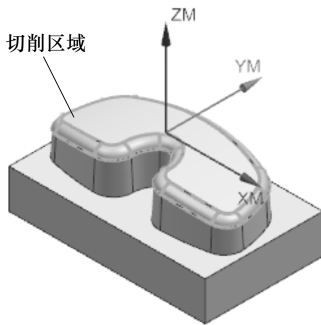


图 7-66 选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 7-67 所示。



图 7-67　【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】组框中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 7-68 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



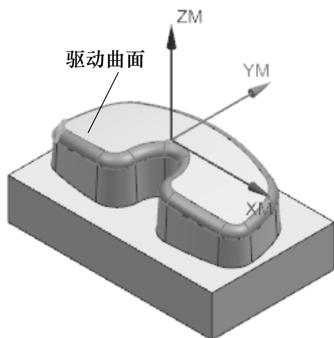


图 7-68　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 7-69 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 7-70 所示。

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．更改刀轴

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“相对于矢量”，如图 7-71 所示。

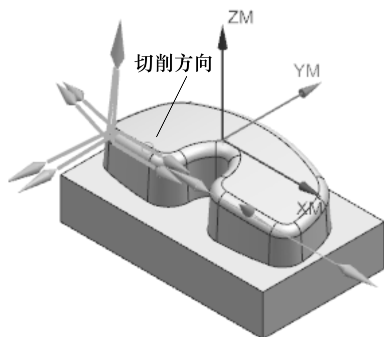


图 7-69 选择切削方向

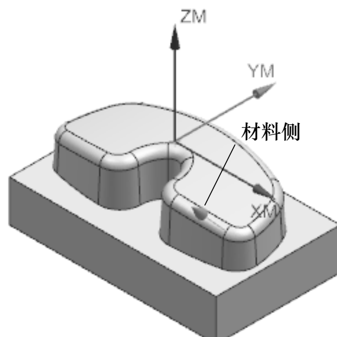


图 7-70 设置材料侧方向

2）系统弹出【相对于矢量】对话框，设置矢量为 ZC，在【侧倾角】文本框中输入 5.0000，如图 7-72 所示。单击【确定】按钮完成。



图 7-71 更改刀轴



图 7-72 【相对于矢量】对话框

5．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 7-73 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7-74 所示。

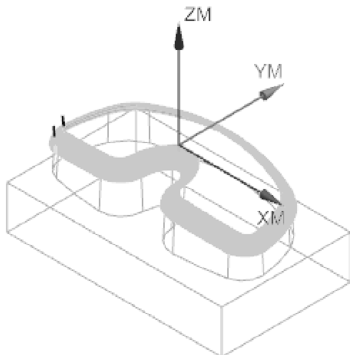


图 7-73 刀具路径

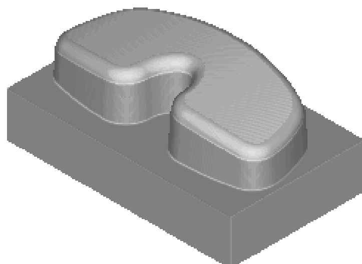


图 7-74 实体切削验证

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

7.3.7 可变轴曲面轮廓铣精加工侧壁

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在 【类型】下拉列

表框中选择“mill_multi-axis”,【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR),【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“D6R3”、【几何体】选择“WORKPIECE”、【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH3”，如图 7-75 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 7-76 所示。

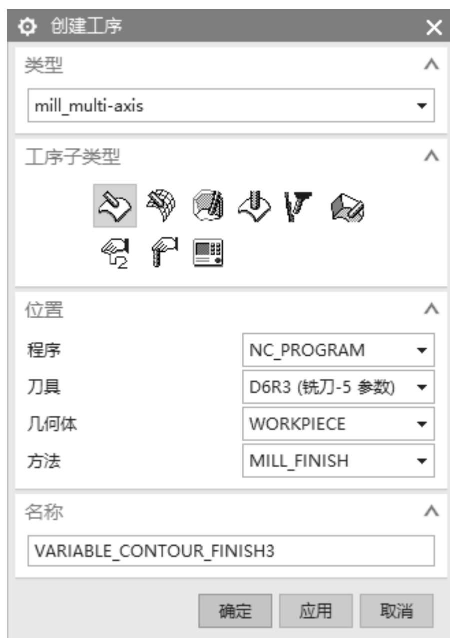


图 7-75 【创建工序】对话框



图 7-76 【可变轮廓铣】对话框

2．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表框中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 7-77 所示。



图 7-77 【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图 7−78 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



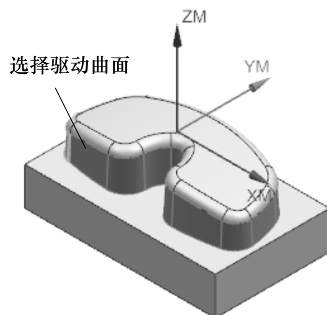


图 7−78 选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 7−79 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向，如图 7−80 所示。

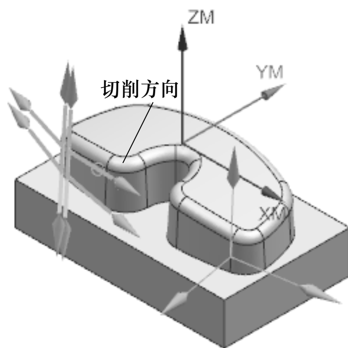


图 7−79 选择切削方向

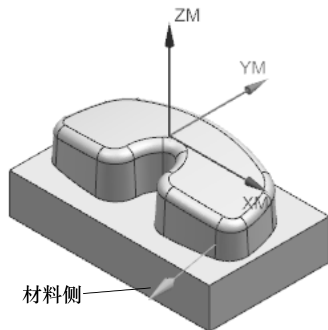


图 7−80 设置材料侧方向

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“螺旋”，【步距】为“残余高度”，【最大残余高度】为“0.0050”，如图 7−81 所示。

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

3．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择【矢量】为“刀轴”，如图 7−82 所示。

4．选择刀轴方向

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“侧刃驱动体”，如图 7−83 所示。

2）单击【指定侧刃方向】后的【指定侧刃方向】按钮，弹出【选择侧刃驱动方向】对话框，在图形区选择图 7–84 所示的箭头方向作为刀轴方向，然后单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。



图 7–81　驱动参数设置



图 7–82　选择投影矢量



图 7–83　选择刀轴控制方法

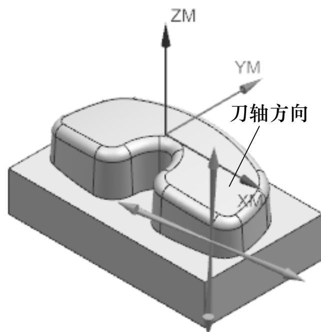


图 7–84　选择刀轴方向

5．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1500.000”，【切削】速度为“800.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数设置如图 7–85 所示。

6．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 7–86 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7–87 所示。

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。



图 7-85 【进给率和速度】对话框

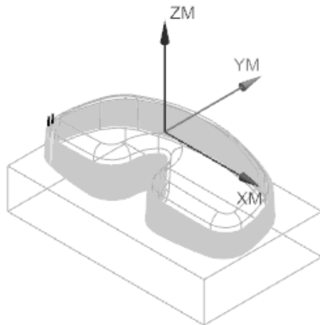


图 7-86 生成刀具路径

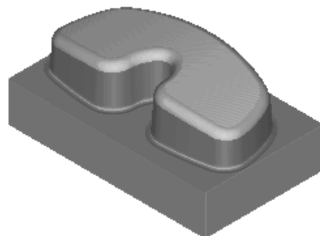


图 7-87 实体切削验证

7.3.8 型腔铣精加工分型面

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“CAVITY_MILL_ROUGH”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH3”工序，单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 7-88 所示。

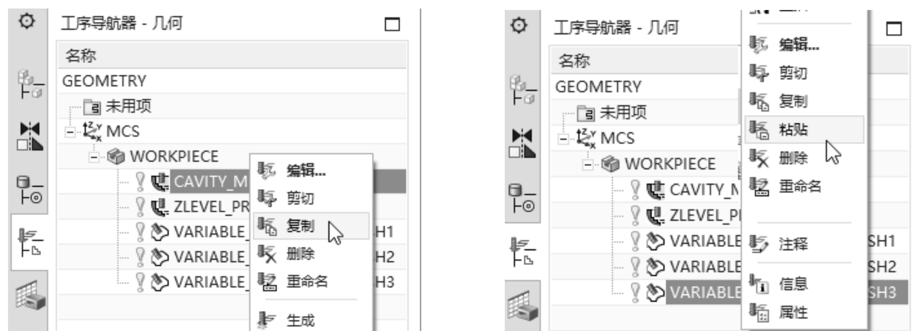


图 7-88 复制工序

2）双击“CAVITY_MILL_ROUGH_COPY”，然后将其重新命名为“CAVITY_MILL_FINISH4”，如图 7-89 所示。

2．选择切削区域

在【几何体】选项组中单击【指定切削区域】选项后的【选择或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框。在图形区选择图 7-90 所示的曲面，然后单击【确定】按钮，返回【型腔铣】对话框。

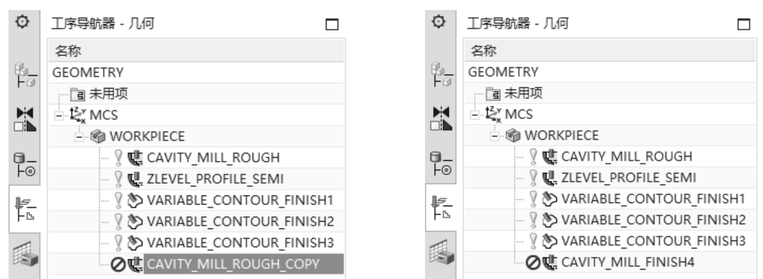


图 7-89　重命名工序



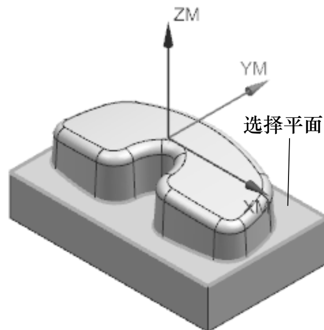


图 7-90　选择切削区域

3．设置切削层

单击【刀轨设置】选项组中【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，在【范围】选项组的【范围类型】下拉列表框中选择“用户定义”,【切削层】选择“仅在范围底部”，如图 7-91 所示。

(注意) 如此指定切削范围是将切削仅限制在分型面一层上进行。

4．选择切削模式和设置切削用量

在【刀轨设置】选项组中的【切削模式】下拉列表框中选择【跟随周边】方式。设置切削步进：在【步距】下拉列表中选择“残余高度”，在【最大残余高度】文本框中输入“0.0050”，如图 7-92 所示。



图 7-91　【切削层】对话框



图 7-92　选择切削模式和设置切削用量

5．生成刀具路径并验证

1）在【型腔铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 7−93 所示。

2）单击【型腔铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 7−94 所示。

3）单击【确定】按钮，返回【型腔铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成型腔铣粗加工工序。

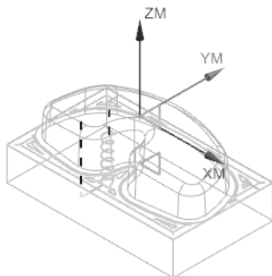


图 7−93　刀具路径

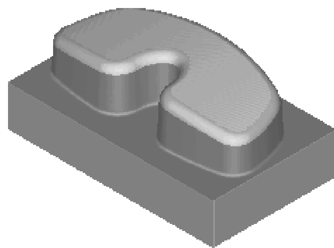


图 7−94　实体切削验证

7.3.9　刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 7−95 所示。

2）选择“MILL_5 AXIS”后处理器类型，选择好合适的输出文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 7−96 所示。

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 7 章\泳镜凸模完成.prt）。

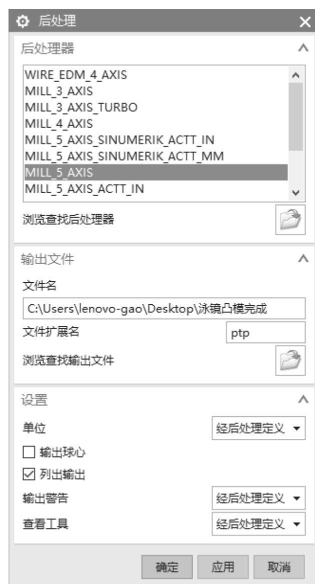


图 7−95　【后处理】对话框

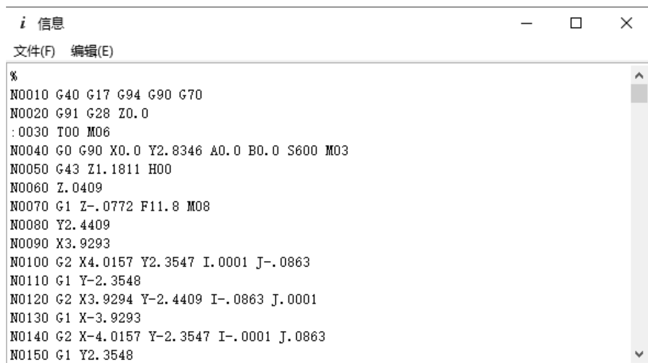


图 7−96　生成的 NC 代码

7.4　实例小结

本章以泳镜凸模为例，讲解了曲面驱动的可变轴曲面轮廓铣加工方法以及五轴刀轴设置，读者学习本章的时候，需要认真掌握曲面驱动方法相关参数设置，特别是曲面驱动方法中常用的“垂直于驱动体”“相对于矢量”和“侧刃驱动体”刀轴。

08

第 8 章　五轴铣削加工提高实例——异形模具安装架数控加工

本实例加工对象为异形模具安装架，它的外形结构如图 6−1 所示。通过这个加工实例的学习，读者将掌握可变轴曲面轮廓铣的曲面驱动方法、多轴钻削、五轴刀轴设置的具体应用。

8.1　实例分析

8.1.1　实例整体分析

如图 8−1 所示，异形模具安装架结构比较复杂，侧壁有底切凹槽，侧壁前面有异形凹槽，并且上面有两个垂直于曲面的直径为 20mm 孔。本例采用五轴加工方法进行加工，材料为模具钢，工件底部安装在工作台上。

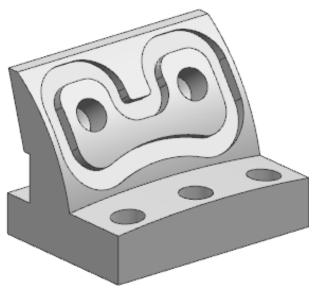


图 8−1　异形模具安装架

8.1.2　实例加工分析

异形模具安装架较为复杂，根据数控加工工艺原则，采用工艺路线为“粗加工”→“半精加工”→“精加工”，具体内容如下：

（1）粗加工　首先采用较大直径的刀具进行粗加工以便去除大量多余留量，粗加工采用型腔铣环切的方法，刀具为ϕ12R2 的圆角刀。

（2）半精加工　进行粗加工后进行半精加工。采用等高轮廓铣加工方法，设置加工曲面预留量为 0.5mm，刀具直径为ϕ10mm 球刀。

（3）精加工　精加工采用分区加工，具体如下：

① 斜曲面：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“相对于驱动体”，刀具采用ϕ10mm 球刀。

② 右侧面：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“相对于驱动体”，刀具采用ϕ10mm 球刀。

③ 侧面直槽：采用平面铣进行直槽加工，刀具采用ϕ10R1 圆角刀，刀轴方向采用“垂直于底面”。

④ 侧斜直壁：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲面”方法，刀轴方向为“相对于驱动体”，刀具采用ϕ10mm 球刀。

⑤ 侧壁凹槽：采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“曲线/点”方法，刀轴方向为“垂直于部件”，刀具采用ϕ10R1 圆角刀。

⑥ 钻孔：采用钻孔加工，刀轴方向为“垂直于部件表面”。

8.2 加工流程与每步所用知识点

异形模具安装架数控加工具体的设计流程和知识点，见表 8-1 所示。

表 8-1 异形模具安装架数控加工流程和知识点

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（mill_multi-axis）	
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	
Step 4：创建加工方法组	加工方法通过对加工余量、几何体的内外公差等设置，为粗加工、半精加工和精加工设定统一的参数	

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 5：创建型腔铣	型腔铣工序可移除平面层中的大量材料，最常用于在精加工工序之前对材料进行粗铣	
Step 6：创建等高轮廓铣半精加工	等高轮廓铣工序用于多个切削层铣削实体或曲面的轮廓，特别适合于陡峭曲面的加工	
Step 7：创建可变轴曲面轮廓铣斜曲面加工	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择相对于驱动体刀轴	
Step 8：创建可变轴曲面轮廓铣右侧面	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择相对于驱动体刀轴	
Step 9：创建平面铣加工侧面直凹槽	平面加工直凹槽，刀轴采用“垂直于底面”	
Step 10：创建可变轴曲面轮廓铣侧斜直壁	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择相对于驱动体刀轴	

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 11：创建可变轴曲面轮廓铣侧壁凹槽	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择垂直于部件刀轴	
Step 12：创建钻孔加工	利用点位加工创建钻孔工序的刀轨，刀轴选择垂直于部件表面	
Step 13：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	i 信息 文件(F)　编辑(E) % N0010 G40 G17 G94 G90 G70 N0020 G91 G28 Z0.0 :0030 T00 M06 N0040 G0 G90 X2.1401 Y3.5152 A0.0 B0.0 S600 M03 N0050 G43 Z.5906 H00 N0060 Z.0032 N0070 G1 Z-.1149 F11.8 M08 N0080 X2.1861 Y3.0694 N0090 G2 X2.1997 Y2.9024 I-3.7931 J-.3915 N0100 G1 X2.1928 Y-2.9675 N0110 G2 X2.1848 Y-3.0703 I-3.7242 J.2387 N0120 G1 X2.1199 Y-3.776 N0130 Z.2788 N0140 G0 X1.8879 Y3.5374 N0150 Z.0032

8.3　具体的加工操作过程

8.3.1　初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“异形模具安装架.prt”（随书文件：\第 8 章\异形模具安装架.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 8-2 所示。

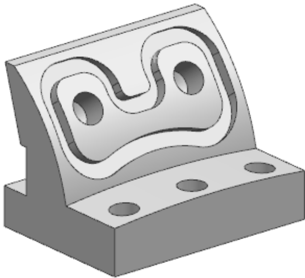


图 8-2　打开的模型文件

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi-axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 8-3 所示。

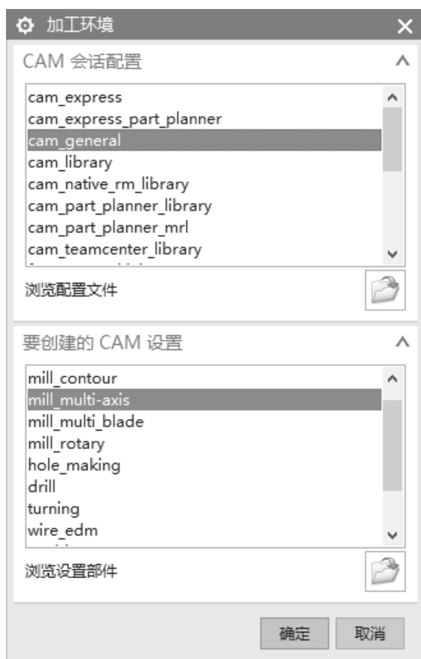


图 8-3　【加工环境】对话框

8.3.2　创建加工父级组

1．创建加工几何组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

（1）设置加工坐标系　具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标，弹出【MCS】对话框，如图 8-4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中拖动坐标系手柄移动到图 8-5 所示的点，单击【确定】按钮返回【MCS】对话框。



图 8-4　【MCS】对话框



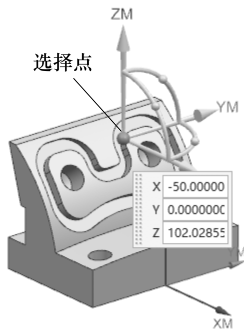


图 8-5　旋转确定加工坐标系

（2）设置安全平面　在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择“平面”选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【刨】对话框。在图 8-6 所示的【刨】对话框中的【类型】选项组中选择“自动判断”图标，选择图 8-6 所示的面，在【距离】文本

框中输入“15”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 8-7 所示。

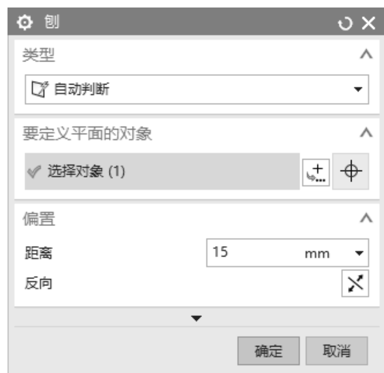


图 8-6 【刨】对话框

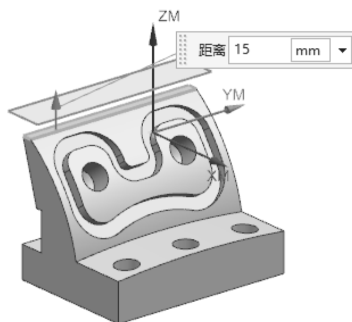


图 8-7 显示安全平面的位置

（3）创建加工几何 具体操作步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 8-8 所示。

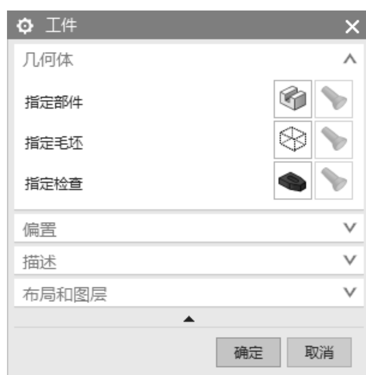


图 8-8 【工件】对话框

② 单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 8-9 所示图层 5 上的实体。单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。



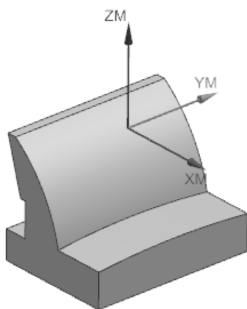
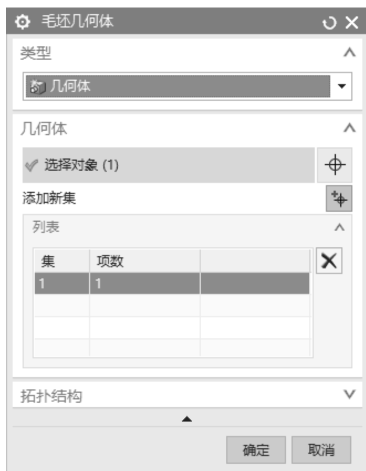


图 8-9 选择部件几何

③ 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择图层 10 上的实体作为毛坯如图 8-10 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯

设置。



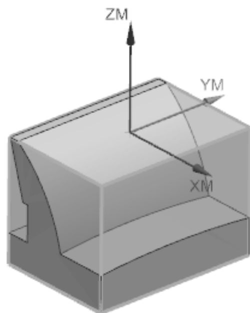


图 8-10　【毛坯几何体】对话框

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

（1）创建刀具 D20R4　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D20R4”，如图 8-11 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【尺寸】选项组中设定【直径】为“20.0000”，【下半径】为“4.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 8-12 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 8-11　【创建刀具】对话框

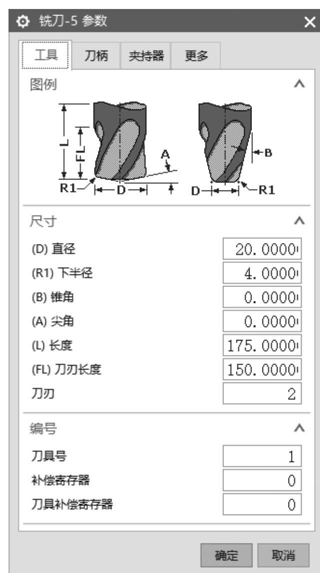


图 8-12　【铣刀-5 参数】对话框

（2）创建刀具 D10R5　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D10R5”，如图 8-13 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀 5-参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【尺寸】选项组中设定【直径】为“10.0000”,【下半径】为“5.0000”,【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 8−14 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 8−13 【创建刀具】对话框

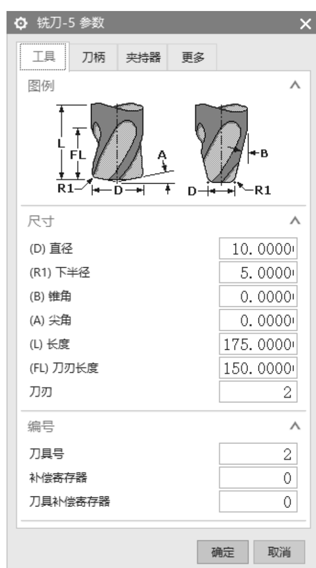


图 8−14 【铣刀-5 参数】对话框

（3）创建刀具 D10R1　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”,【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D10R1”,如图 8−15 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中的【尺寸】选项组中设定【直径】为“10.0000”,【下半径】为“1.0000”,【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 8−16 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 8−15 【创建刀具】对话框

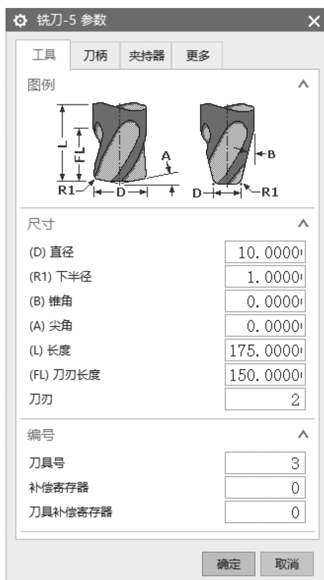


图 8−16 【铣刀-5 参数】对话框

（4）创建钻头　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下

拉列表框中选择“drill”,【刀具子类型】选择【DRILLING_TOOL】图标，在【名称】文本框中输入“Z20”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【钻刀】对话框，如图 8-17 所示。

② 在【钻刀】对话框中设定【直径】为“20.0000”,【刀具号】为“4”，其他参数接受默认设置，如图 8-18 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 8-17　【创建刀具】对话框

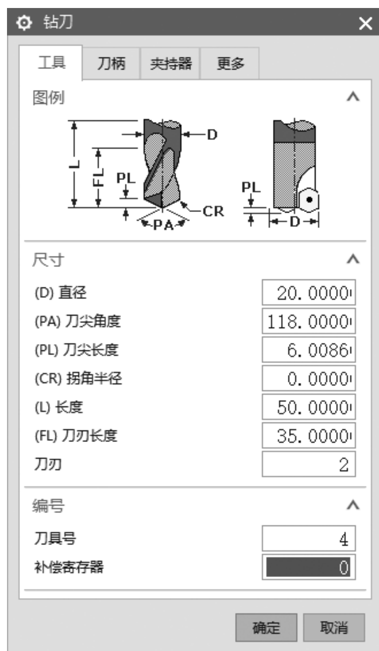


图 8-18　【钻刀】对话框

3．设置加工方法组

单击【快速访问】工具栏上的【加工方法视图】按钮，【工序导航器】切换到加工方法视图。

1）双击【工序导航器】中的【MILL_ROUGH】图标，弹出【铣削粗加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“1.0000”,【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.3000”，如图 8-19 所示。单击【确定】按钮，完成粗加工方法设定。

2）双击【工序导航器】中的【MILL_SEMI_FINISH】图标，弹出【铣削半精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.5000”,【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0300”，如图 8-20 所示。单击【确定】按钮，完成半精加工方法设定。



图 8-19　粗加工方法设置



图 8-20　半精加工方法设置

3）双击【工序导航器】中的【MILL_FINISH】图标，弹出【铣削精加工】对话框。在【部件余量】文本框中输入“0.0000”,【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0300”，如图 8-21 所示。单

击【确定】按钮，完成精加工方法设定。



图 8-21　精加工方法设置

8.3.3　型腔铣粗加工

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建工序

1）单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】下拉列表框中选择 mill_contour，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（CAVITY_MILL），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D20R4”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“CAVITY_MILL_ROUGH”，如图 8-22 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【型腔铣】对话框，如图 8-23 所示。



图 8-22　【创建工序】对话框



图 8-23　【型腔铣】对话框

2．选择切削模式和设置切削用量

在【型腔铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 8-24 所示。

1）选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

2）设置切削步进：在【步距】下拉列表中选择“刀具平直百分比”，在【平面直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

3）设定层铣深度：在【公共每刀切削深度】中选择“恒定”，在【最大距离】文本框中输入“3.0000”。



图 8-24　选择切削模式和设置切削用量

3．**设置切削参数**

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

1）【策略】选项卡：设【切削】选项组的【切削方向】为“顺铣”，【切削顺序】为“层优先”，其他参数设置如图 8-25 所示。

2）【更多】选项卡：在【原有】的选项组中，勾选【区域连接】【边界逼近】和【容错加工】复选框，如图 8-26 所示。



图 8-25　【策略】选项卡



图 8-26　【更多】选项卡

3）单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

4．设置非切削运动

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削参数】按钮，弹出【非切削移动】对话框，进行非切削参数设置。

1）【进刀】选项卡：【封闭区域】选项组的【进刀类型】为“螺旋”，【直径】为“90.0000”，【初始封闭区域】选项组的【进刀类型】为“与封闭区域相同”，其他参数设置如图 8-27 所示。

2）【退刀】选项卡：设【退刀】选项组的【退刀类型】为“线性”，其他参数设置如图 8-28 所示。



图 8-27 【进刀】选项卡

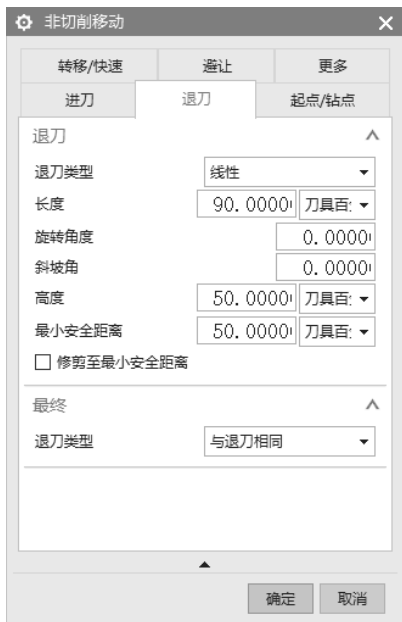


图 8-28 【退刀】选项卡

3）【转移/快速】选项卡：设【安全设置】选项组中的【安全设置选项】为“使用继承的”，其他参数设置如图 8-29 所示。



图 8-29 【转移/快速】选项卡

4）单击【非切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

5．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“600.0000”，【切削】速度为“300.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数如图 8−30 所示。

6．生成刀具路径并验证

1）在【型腔铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 8−31 所示。



图 8−30 【进给率和速度】对话框

2）单击【型腔铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8−32 所示。

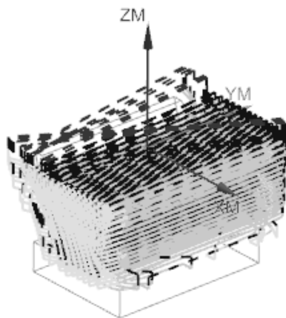


图 8−31　生成刀具路径

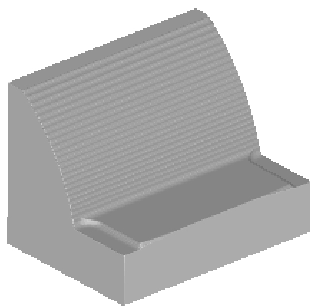


图 8−32　实体切削验证

3）单击【确定】按钮，返回【型腔铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成型腔铣粗加工工序。

8.3.4　等高轮廓铣半精加工

单击【工序导航器】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框，在【类型】下拉列表框中选择“mill_contour”，【工序子类型】选择第 1 行第 5 个图标（ZLEVEL_PROFILE），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D10R5”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_SEMI_FINISH”，在【名称】文本框中输入“ZLEVEL_PROFILE_SEMI”，如图 8−33 所示。

2）单击【确定】或者【应用】按钮，弹出【深度轮廓加工】对话框，如图 8−34 所示。



图 8-33 【创建工序】对话框



图 8-34 【深度轮廓加工】对话框

2. 指定修剪边界

1）单击【几何体】选项组中的【指定修剪边界】后的【选择或编辑修剪边界】按钮，弹出【修剪边界】对话框，在【选择方法】中选择“面”，【修剪侧】为“外部”，如图 8-35 所示。

2）在图形区选择图 8-36 所示的边线作为修剪边界，单击【确定】按钮完成。



图 8-35 【修剪边界】对话框

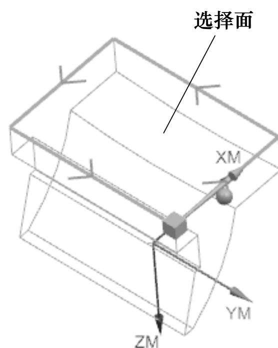


图 8-36 选择修剪边界

3. 设置合并距离和切削深度

在【刀轨设置】选项组中设置相关参数图 8-37 所示。

① 在【陡峭空间范围】下拉列表框中选择“无”选项。

② 【合并距离】文本框中输入“3.0000”，【最小切削长度】为“1.0000”，在【公共每刀切削深度】中选择“恒定”，在【最大距离】文本框中输入“1.0000”。



图 8-37　设置刀轨参数

4. 设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1)【策略】选项卡：设【切削】选项组中的【切削方向】为“顺铣”,【切削顺序】为“深度优先”,取消【在边上延伸】和【在边上滚动刀具】复选框，其他接受默认设置，如图 8-38 所示。

2)【连接】选项卡：设【层之间】选项组的【层到层】为“使用转移方法”，勾选【在层之间切削】复选框和【短距离移动上的进给】复选框，如图 8-39 所示。



图 8-38　【策略】选项卡



图 8-39　【连接】选项卡

3）单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5. 设置非切削运动

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削参数】按钮，弹出【非切削移动】对话框，进行非切削参数设置。

1)【进刀】选项卡：设【开放区域】选项组的【进刀类型】为“圆弧”,【初始开放区域】的【进刀类型】为“与开放区域相同”，其他参数设置如图 8-40 所示。



图 8-40 【进刀】选项卡

2)【退刀】选项卡：【退刀】选项组的【退刀类型】为“与进刀相同”，其他参数设置如图 8-41 所示。

3)【转移/快速】选项卡：设【安全设置】选项组中的【安全设置选项】为“使用继承的”，其他参数设置如图 8-42 所示。

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。



图 8-41 【退刀】选项卡



图 8-42 【转移/快速】选项卡

6. 设置进给和速度

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1000.000”，【切削】速度为“600.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数如图 8-43 所示。



图 8-43　【进给率和速度】对话框

7．生成刀具路径并验证

1）在【深度轮廓加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 8-44 所示。

2）单击【深度轮廓加工】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-45 所示。

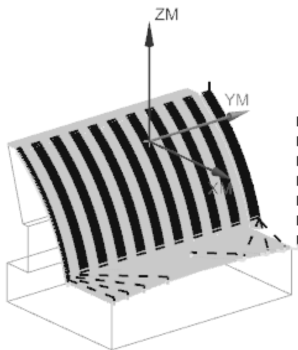


图 8-44　生成刀具路径

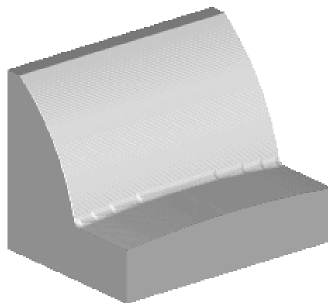


图 8-45　实体切削验证

3）单击【深度轮廓加工】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【深度轮廓加工】对话框。

8.3.5　可变轴曲面轮廓铣精加工斜曲面

单击【工序导航器】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】

下拉列表框中选择“mill_multi-axis”,【工序子类型】选择第1行第1个图标(VARIABLE_CONTOUR)，【位置】选项组里的【程序】选择“NC_PROGRAM”,【刀具】选择“D10R5”,【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 8-46 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 8-47 所示。



图 8-46 【创建工序】对话框



图 8-47 【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【可变轮廓铣】对话框的【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择如图 8-48 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



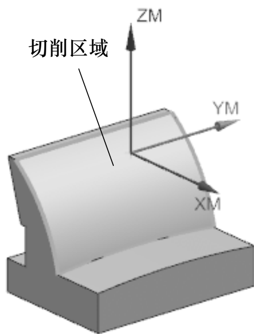


图 8-48 选择铣削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表中选取“曲面”，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 8-49 所示。



图 8-49 【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图8-50所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



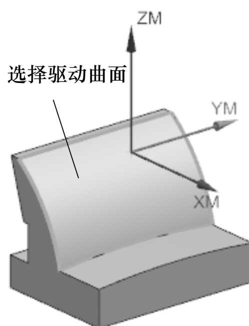


图 8-50　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 8-51 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 8-52 所示。

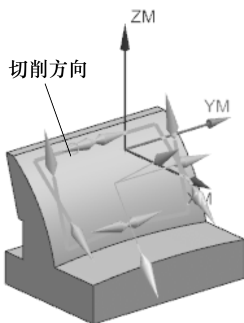


图 8-51　选择切削方向

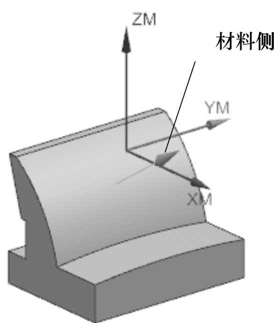


图 8-52　设置材料侧方向

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“往复”,【步距】为“残余高度”,【最大残余高度】为“0.0500”，如图 8-53 所示。



图 8-53　驱动参数设置

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择【矢量】为“刀轴”，如图 8-54 所示。

5．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“相对于驱动体”,【侧倾角】为“–20.0000,” 如图 8-55 所示。



图 8-54　选择投影矢量



图 8-55　选择刀轴方式

6．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）在【刀轴控制】选项卡：设【最大刀轴更改】为“10.0000”,【最小刀轴更改】为“5.0000”，如图 8-56 所示。

2）在【更多】选项卡：在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，选择“刀具百分比”，如图 8-57 所示。



图 8-56 【刀轴控制】选项卡



图 8-57 【更多】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1）【进刀】选项卡：在【开放区域】选项组中，【进刀类型】为“圆弧-相切逼近”，其他参数如图 8−58 所示。

2）【退刀】选项卡：在【退刀】选项卡中的【退刀类型】下拉列表中选择“与进刀相同”和“与开放区域退刀相同”，如图 8−59 所示。



图 8−58 【进刀】选项卡



图 8−59 【退刀】选项卡

3）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1500.000”，【切削】速度为“800.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他参数如图 8−60 所示。



图 8−60 【进给率和速度】对话框

9．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 8-61 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-62 所示。

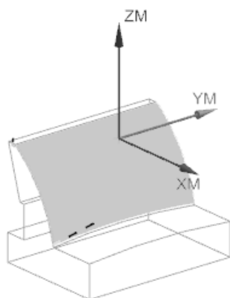
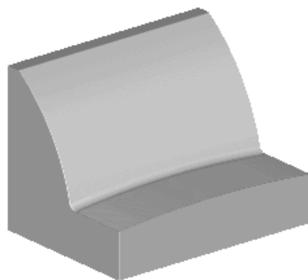


图 8-61　生成刀具路径


图 8-62　实体切削验证

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

8.3.6　可变轴曲面轮廓铣右侧面精加工

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令，如图 8-63 所示。

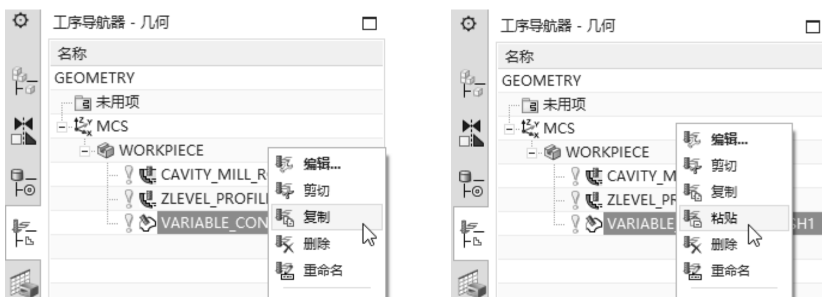


图 8-63　复制工序

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”，如图 8-64 所示。

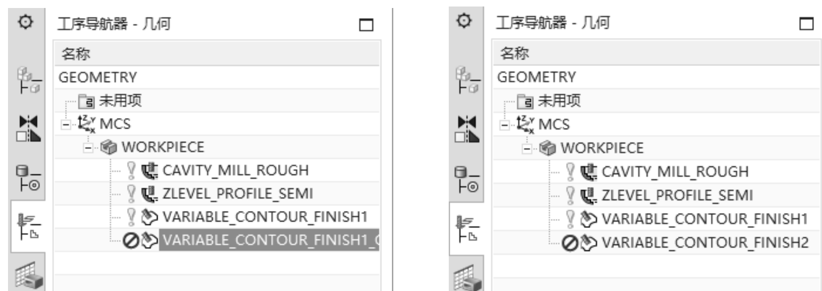


图 8-64　重命名工序

2．更改铣削区域

在导航器窗口中双击“VARIBLE_CONTOUR_FINISH2”，打开【可变轮廓铣】对话框，在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 8-65 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



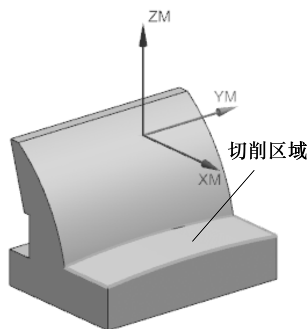


图 8-65　选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 8-66 所示。

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 8-67 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



图 8-66　【曲面区域驱动方法】对话框



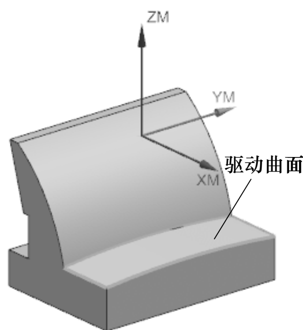


图 8-67　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 8-68 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 8-69 所示。

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

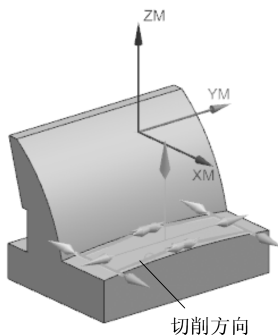


图 8-68　选择切削方向

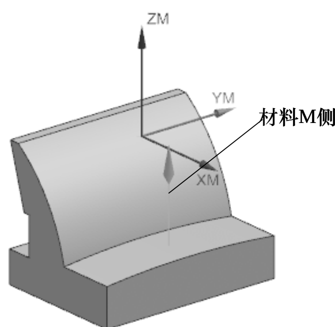


图 8-69　设置材料侧方向

4．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“相对于驱动体”,【侧倾角】为“20.0000”，如图 8-70 所示。



图 8-70　选择刀轴方式

5．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 8-71 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-72 所示。

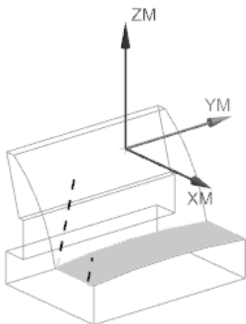


图 8-71　生成刀具路径

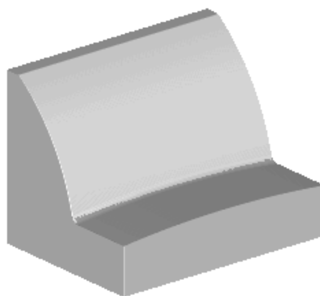


图 8-72　实体切削验证

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

8.3.7　平面铣精加工侧面直凹槽

单击【工序导航器】工具栏上【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

（1）创建工序　具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 1 行第 5 个图标（PLANAR_MILL），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D10R1”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“PLANAR_MILL_FINISH3”，如图 8-73 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【平面铣】对话框，如图 8-74 所示。

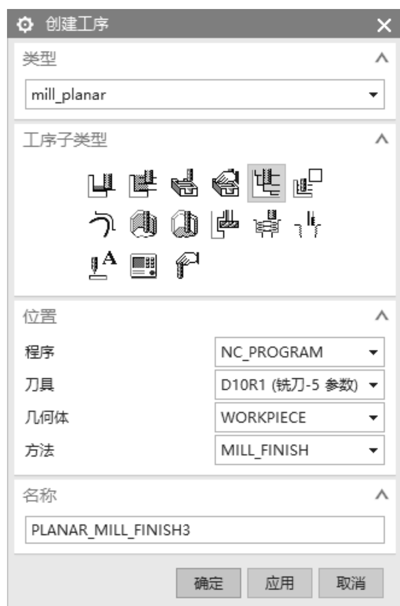


图 8-73 【创建工序】对话框



图 8-74 【平面铣】对话框

（2）创建平面铣几何　具体操作步骤如下：

① 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【边界几何体】对话框，设【模式】为“面”，【材料侧】为“外部”，其他相关参数如图 8-75 所示。

② 在图形区依次选择图 8-76 所示的键槽草图边界曲线作为部件边界几何。然后依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 8-75 【边界几何体】对话框

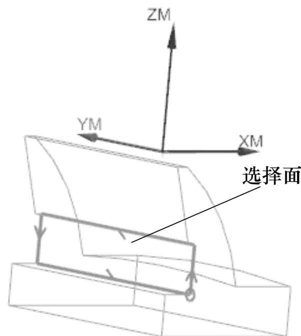


图 8-76　选择边界几何

③ 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【编辑边界】对话框，在【平面】选项选择“用户指定”，弹出【刨】对话框，在【刨】对话框中的【类型】中选择“自动判断”类型，在图形区选择图 8-77 所示的平面，在【偏置】文本框中的【距离】中输入“0”，依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。

④ 在【几何体】选项组中，单击【指定底面】后的【选择或编辑底平面几何体】按钮，弹出【刨】对话框，然后选择图 8-78 所示的平面作为底面，单击【确定】按钮返回【平面铣】对话框。



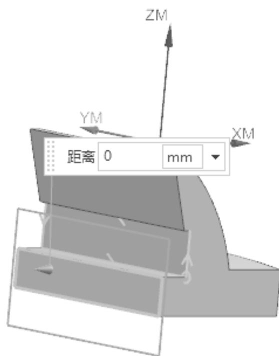


图 8-77　设置边界所在平面位置

图 8-78　选择底面

（3）选择切削模式和设置切削用量　在【平面铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 8-79 所示。

① 选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

② 设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平均直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

③ 设定切削深度：单击【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，选择【类型】为“恒定”，【公共】为“2.0000”，其他参数如图 8-80 所示。单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 8-79　选择切削模式和设置切削用量



图 8-80　【切削层】对话框

（4）设置切削参数　在【平面铣】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设【切削】选项组的【切削方向】为“顺铣”，【切削顺序】为“层优先”，

其他接受默认设置，如图 8-81 所示。

②【余量】选项卡：设置【余量】选项组中的所有余量为“0.0000”，其他接受默认设置，如图 8-82 所示。



图 8-81　【策略】选项卡



图 8-82　【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

④ 选择刀轴方向。

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“垂直于底面”,” 如图 8-83 所示。

（5）设置进给参数　单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，【切削】速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图8-84所示。



图 8-83　选择刀轴方式



图 8-84　【进给率和速度】对话框

（6）生成刀具路径并验证　具体操作步骤如下：

① 在【平面铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 8-85 所示。

② 单击【平面铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-86 所示。

（7）单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

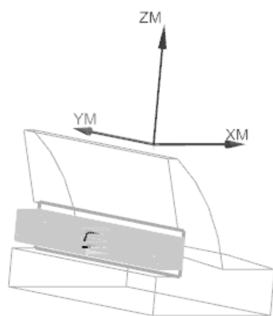


图 8-85　生成刀具路径

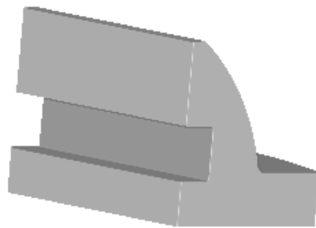


图 8-86　实体切削验证

8.3.8　可变轴曲面轮廓铣精加工侧斜直壁

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后再次单击鼠标右键，选择【粘贴】命令。

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH2_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH4”，如图 8-87 所示。

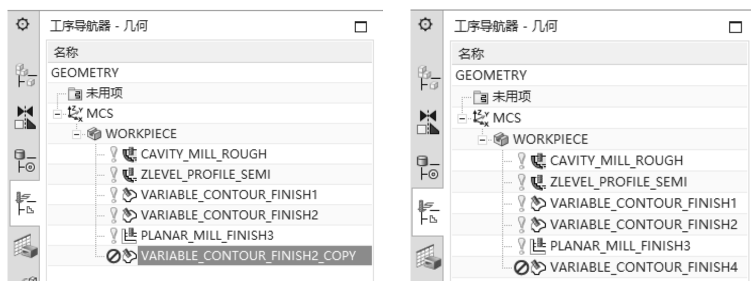


图 8-87　重命名工序

2．更改铣削区域

在导航器窗口中双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH4”，打开【可变轮廓铣】对话框，在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 8-88 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



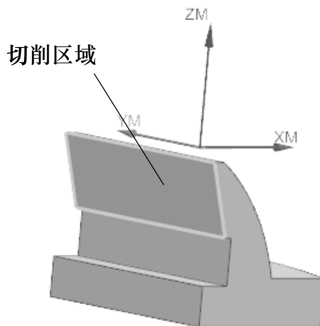


图 8-88　选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 8-89 所示。



图 8-89 【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 8-90 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



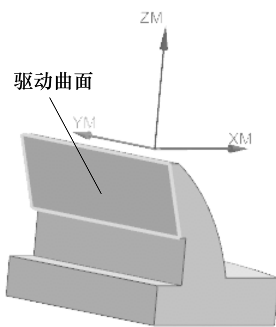


图 8-90　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 8-91 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 8-92 所示。

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

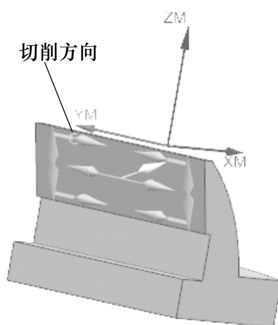


图 8-91 选择切削方向

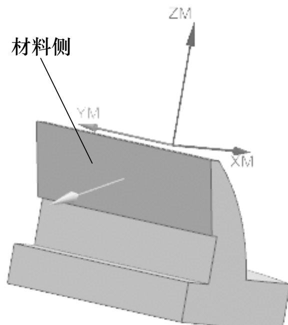


图 8-92 设置材料侧方向

4. 选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“相对于驱动体”,【侧倾角】为“–20.0000,”如图 8-93 所示。



图 8-93 选择刀轴方式

5. 生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 8-94 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-95 所示。

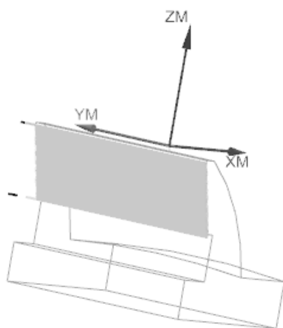


图 8-94 生成刀具路径

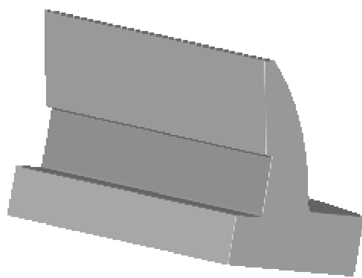


图 8-95 实体切削验证

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

8.3.9 铣削加工几何体

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_multi-axis”,【几何体子类型】选择【WORKPIECE】图标，选择【位置】的【几何体】为“MCS”,【名称】为“WORKPIECE_MILL”，如图 8-96 所示。单击【确定】按钮，系统弹出【工件】对话框，如图 8-97 所示。

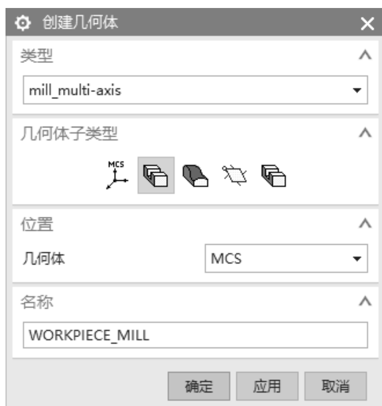


图 8-96　【创建几何体】对话框

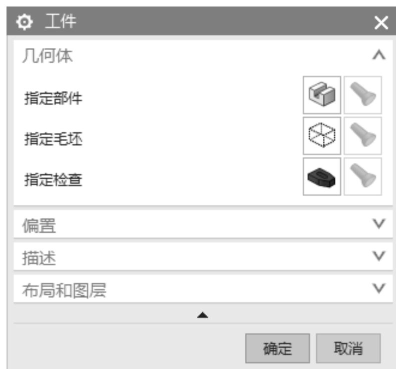


图 8-97　【工件】对话框

2）单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 8-98 所示的图层 1 上的实体作为部件几何。依次单击【确定】按钮，完成几何定义。



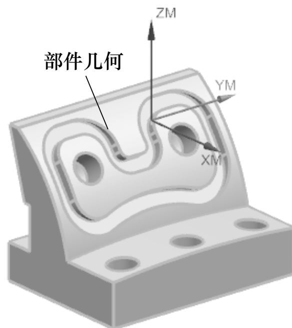
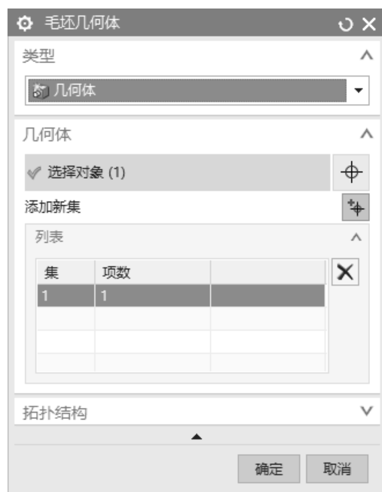


图 8-98　选择部件几何

3）单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框。选择在图层 5 上的毛坯作为实体，如图 8-99 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



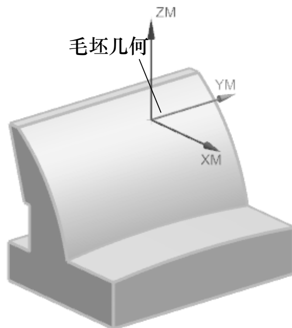


图 8-99　选择毛坯几何

8.3.10　可变轴曲面轮廓铣精加工侧壁凹槽

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISH4”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后选择“WORKPIECE_MILL”工序，单击鼠标右键，选择【粘贴】命令。

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISH4_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISH4”，如图 8-100 所示。

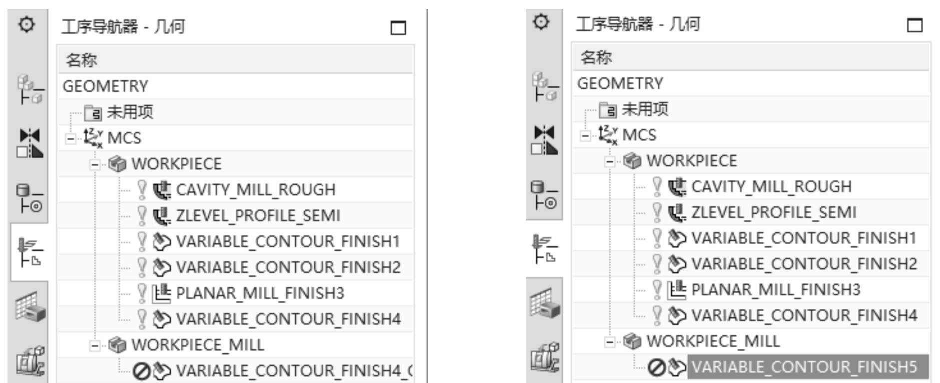


图 8-100　重命名工序

2．更改铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 8-101 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



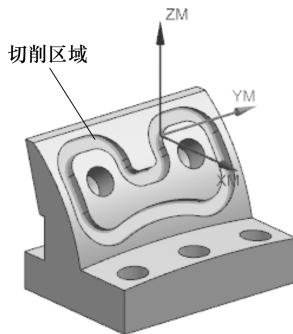


图 8-101　选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）选择【驱动方法】为“曲线/点”，单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲线/点驱动方法】对话框，如图 8-102 所示。

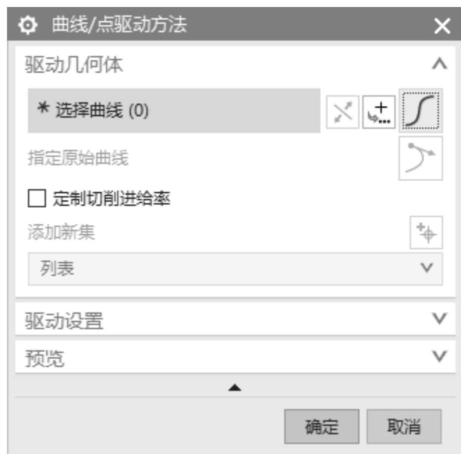


图 8-102 【曲线/点驱动方法】对话框

2）在图形区选择图层 3 上的曲线作为驱动曲线，如图 8-103 所示。

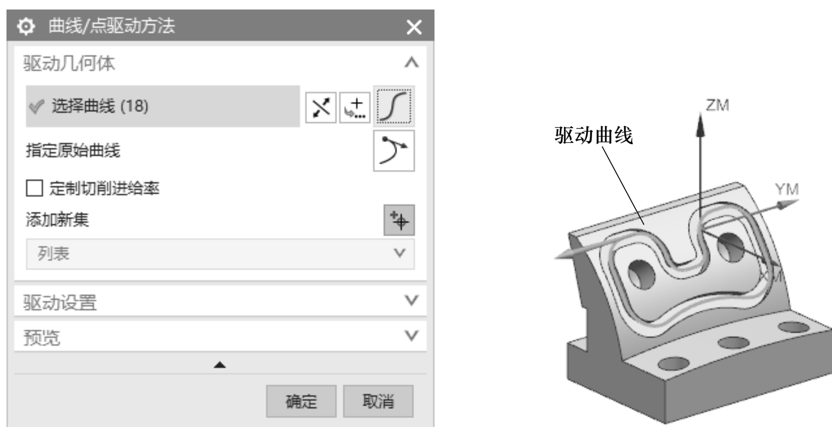


图 8-103　选择驱动曲线

3）在【驱动设置】选项组中选择【切削步长】为“公差”，【公差】为“0.0050”，如图 8-104 所示。



图 8-104　驱动参数设置

4）单击【曲线/点驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．更改刀具

在【工具】选项组中选择【刀具】为“D10R1”，如图 8-105 所示。



图 8-105　选择刀具

5．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“垂直于部件”，如图 8-106 所示。



图 8-106　选择刀轴方向

6．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 8-107 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-108 所示。

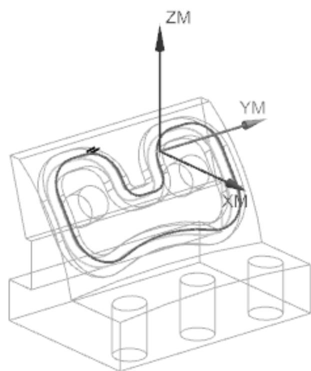


图 8-107　生成刀具路径

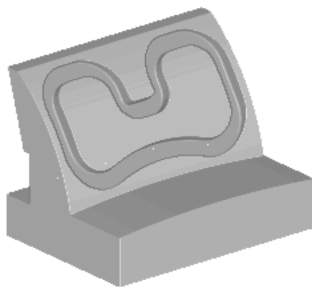


图 8-108　实体切削验证

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

8.3.11　创建钻侧壁面上的孔

（1）创建工序　具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“drill”，【工序子类型】选择第 1 行第 3 个图标（DRILLING），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“Z20”，【几何体】选择

“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“DRILL_METHOD”，在【名称】文本框中输入“DRILLING_FINISH6”，如图 8-109 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【钻孔】对话框，如图 8-110 所示。



图 8-109　【创建工序】对话框



图 8-110　【钻孔】对话框

（2）创建加工几何　具体步骤如下：

① 选择加工点。单击【几何体】选项组中【指定孔】选项后的【选择或编辑孔几何体】按钮，弹出【点到点几何体】对话框，如图 8-111 所示。单击【选择】按钮，弹出选择加工位置对话框。依次在图形区选择图 8-112 所示的 2 个孔。依次单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框。



图 8-111　【点到点几何体】对话框

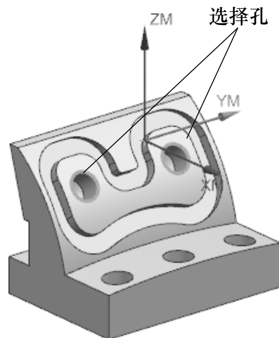


图 8-112　选择钻孔位置

② 指定顶面。单击【几何体】选项组中【指定顶面】选项后的【选择或编辑部件表面几何体】按

钮，弹出【顶面】对话框。在【顶面选项】中选择“面”，在图形区选择图 8-113 所示的平面，单击【确定】按钮。

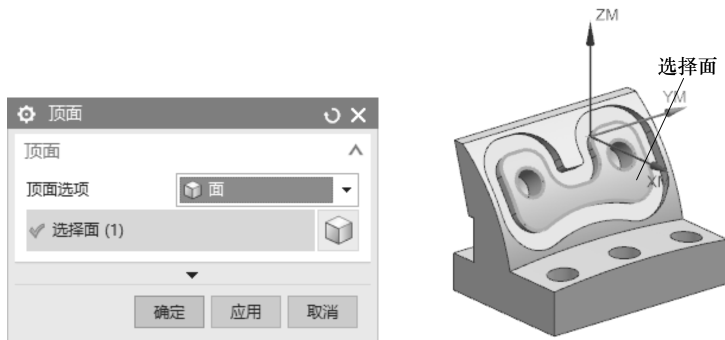


图 8-113　设置顶面

（3）选择循环类型和循环参数　具体操作步骤如下：

① 在【循环类型】选项组中的【循环】下拉列表框中选择【标准钻…】，弹出【指定参数组】对话框，在【Number of Sets】文本框中输入“1”，如图 8-114 所示。然后单击【确定】按钮。

② 系统弹出【Cycle 参数】对话框，如图 8-115 所示。单击【Depth-模型深度】按钮，弹出【Cycle 深度】对话框，单击【刀尖深度】按钮，如图 8-116 所示。在弹出对话框中输入【深度】为“18.0000”，如图 8-117 所示。连续单击【确定】按钮，返回【Cycle 参数】对话框。

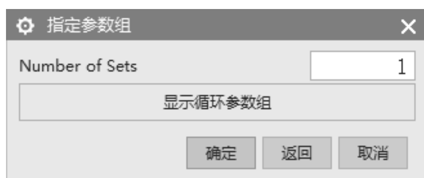


图 8-114　【指定参数组】对话框



图 8-115　【Cycle 参数】对话框



图 8-116　【Cycle 深度】对话框

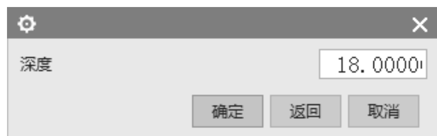


图 8-117　输入深度

③ 单击【Rtrcto-无】按钮，弹出图 8-118 所示的对话框，单击【自动】按钮，然后单击【确定】按钮返回。

④ 在【循环类型】选项组中的【最小安全距离】文本框中输入“3.0000”。

（4）选择刀轴方向　在【刀轴】选项组中选择【轴】为“垂直于部件表面”，如图 8-119 所示。

（5）设置深度偏置　在【深度偏置】选项组中设置【通孔安全距离】为“1.5000”，【盲孔余量】为“0.0000”，如图 8-120 所示。



图 8-118　指定退刀距离



图 8-119　选择刀轴方式

（6）设置进给参数　单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，【切削】速度为“50.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 8-121 所示。



图 8-120　深度偏置设定



图 8-121　【进给率和速度】对话框

（7）生成刀具路径并验证　具体操作步骤如下：

① 在【钻孔】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 8-122 所示。

② 单击【钻孔】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-123 所示。

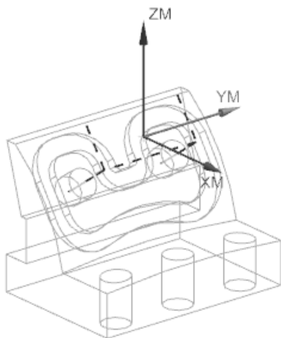


图 8-122　生成刀具路径

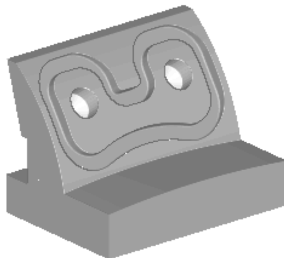


图 8-123　实体切削验证

（8）单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

8.3.12 创建钻底面上的孔

（1）创建工序　具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“drill”，【工序子类型】选择第 1 行第 3 个图标（DRILLING），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“Z20”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“DRILL_METHOD”，在【名称】文本框中输入“DRILLING_FINISH7”，如图 8-124 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【钻孔】对话框，如图 8-125 所示。



图 8-124 【创建工序】对话框



图 8-125 【钻孔】对话框

（2）创建加工几何　具体步骤如下：

① 选择加工点。单击【钻孔】对话框的【几何体】选项组中【指定孔】选项后的【选择或编辑孔几何体】按钮，弹出【点到点几何体】对话框，如图 8-126 所示。单击【选择】按钮，弹出选择加工位置对话框。依次在图形区选择图 8-127 所示的 3 个孔。依次单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框。



图 8-126 【点到点几何体】对话框

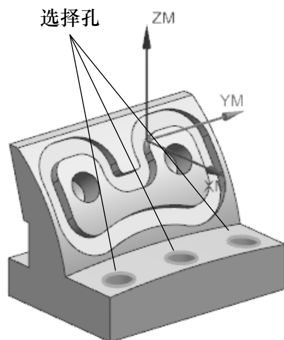


图 8-127 选择钻孔位置

② 单击【几何体】选项组中【指定顶面】选项后的【选择或编辑部件表面几何体】按钮，弹出【顶面】对话框。在【顶面选项】中选择“面”，在图形区选择图 8−128 所示的平面，单击【确定】按钮。



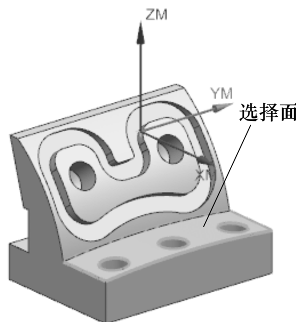


图 8−128　设置顶面

③ 单击【几何体】选项组中【指定底面】选项后的【选择或编辑底面几何体】按钮，弹出【底面】对话框。在【底面选项】中选择“面”，在图形区选择图 8−129 所示的平面，单击【确定】按钮。



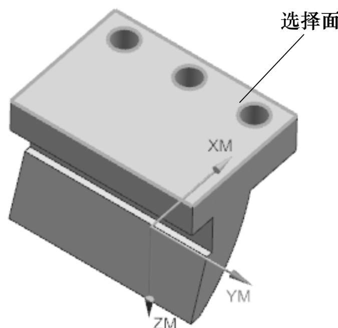


图 8−129　设置底面

（3）选择循环类型和循环参数　具体操作步骤如下：

① 在【循环类型】选项组中的【循环】下拉列表中选择【标准钻…】，弹出【指定参数组】对话框，在【Number of Sets】文本框中输入“1”，如图 8−130 所示。然后单击【确定】按钮。

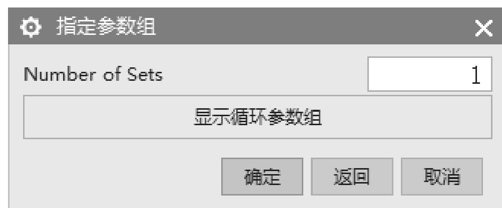


图 8−130　【指定参数组】对话框

② 系统弹出【Cycle 参数】对话框，如图 8−131 所示。单击【Depth-模型深度】按钮，弹出【Cycle 深度】对话框，单击【模型深度】按钮，如图 8−132 所示。

③ 单击【Rtrcto-无】按钮，弹出如图 8−133 所示的对话框，单击【自动】按钮，然后单击【确定】按钮返回。

④ 在【循环类型】选项组中的【最小安全距离】文本框中输入“3.0000”。



图 8-131 【Cycle 参数】对话框



图 8-132 【Cycle 深度】对话框



图 8-133 指定退刀距离

（4）设置深度偏置 在【深度偏置】选项组中设置【通孔安全距离】为“1.5”，【盲孔余量】为“0”，如图 8-134 所示。

（5）设置进给参数 单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，【切削】速度为“50.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 8-135 所示。



图 8-134 深度偏置设定



图 8-135 【进给率和速度】对话框

（6）生成刀具路径并验证 具体操作步骤如下：

① 在【钻孔】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 8-136 所示。

② 单击【钻孔】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮▶，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 8-137 所示。

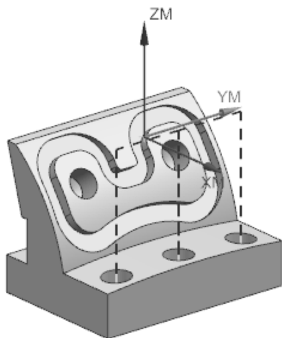


图 8-136　生成刀具路径

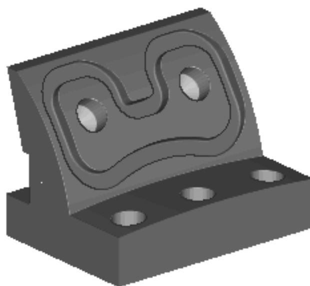


图 8-137　实体切削验证

（7）单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

8.3.13　刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组中的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 8-138 所示。

2）选择“MILL_5 AXIS”后处理器类型，选择好合适的输出文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 8-139 所示。

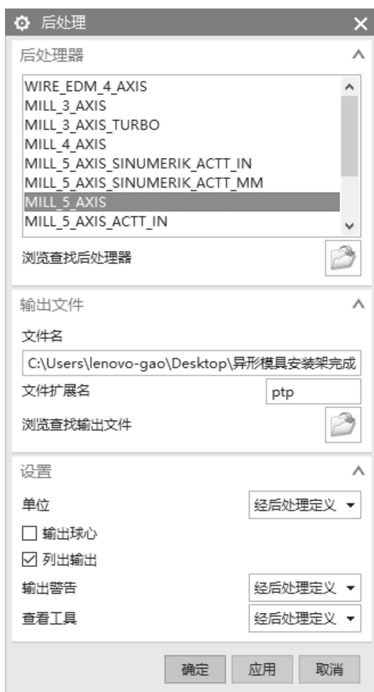


图 8-138　【后处理】对话框

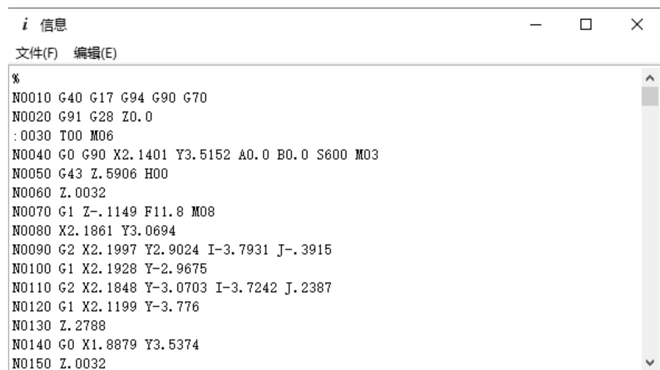


图 8-139　生成的 NC 代码

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 8 章\异形模具安装架完成.prt）。

8.4　实例小结

本章以异形模具安装架为例，讲解了曲面驱动的可变轴曲面轮廓铣加工方法以及底切零件五轴加工方法。在本章的学习过程中，读者可以比较五轴刀轴控制方法在相对于驱动体、垂直于部件表面、垂直于部件等加工应用中的不同。

09

第 9 章　五轴铣削加工经典实例——发动机整体叶轮数控加工

本例加工对象为发动机整体叶轮，它的外形结构如图 9-1 所示。这个加工实例学习难度较大，涉及插补刀轴的应用，读者操作练习时需要耐心和坚持。

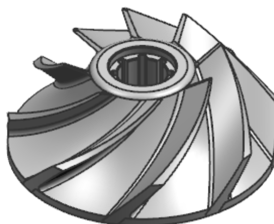


图 9-1　发动机整体叶轮

9.1　实例分析

9.1.1　实例整体分析

如图 9-1 所示为航空发动机叶轮，该结构比较复杂，叶片有扭曲，故只能采用五轴加工。材料为超硬合金。

9.1.2　实例加工分析

根据零件的特点，按照加工工艺要求具体安排如下：

（1）流道加工　采用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“表面积”方法，刀轴方向为“插补”。

（2）侧面加工　用可变轴曲面轮廓铣进行曲面精加工，驱动方式选择“表面积”方法，刀轴方向为“侧刃驱动体”。

9.2　加工流程与每步所用知识点

航空发动机叶轮曲面数控加工具体的设计流程和效果图，见表 9-1。

表 9-1　航空发动机叶轮曲面数控加工流程和效果图

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择轮廓铣（mill_multi_axis）	加工环境 CAM 会话配置 cam_express cam_express_part_planner cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_contour mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning wire_edm 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：创建几何组	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 3：创建刀具组	创建加工所需的加工刀具	
Step 4：创建可变轴曲面轮廓铣	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择插补刀轴	
Step 5：创建可变轴曲面轮廓铣	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择侧刃驱动体刀轴	
Step 6：创建可变轴曲面轮廓铣	可变轴曲面轮廓铣是精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方法，选择侧刃驱动体刀轴	
Step 7：刀具路径变换	利用刀具路径旋转功能可简化刀具路径的创建	
Step 8：执行后处理	UG NX 后置处理器（NX POST）读取 NX 的内部刀具路径，生成适合指定机床的 NC 代码	i 信息 文件(F)　编辑(E) % N0010 G40 G17 G94 G90 G70 N0020 G91 G28 Z0.0 :0030 T00 M06 N0040 G0 G90 X.4674 Y-.8347 A49.459 B29.345 S1200 M03 N0050 G43 Z1.7207 H00 N0060 Z1.3207 N0070 G1 X.4675 Y-.8339 Z1.2946 F50. M08 N0080 X.4667 Y-.8398 Z1.2692 N0090 X.4649 Y-.852 Z1.2462 N0100 X.4624 Y-.8697 Z1.2272 N0110 X.4593 Y-.8917 Z1.2134 N0120 X.4558 Y-.9164 Z1.2059 N0130 X.4459 Y-.9874 Z1.1937 A49.417 B29.4 N0140 X.435 Y-1.0584 Z1.1808 A49.376 B29.455 N0150 X.4234 Y-1.1291 Z1.167 A49.335 B29.51

9.3 具体的加工操作过程

9.3.1 初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“发动机整体叶轮.prt”（随书文件：\第 9 章\发动机整体叶轮.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 9–2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“mill_multi-axis”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 9–3 所示。

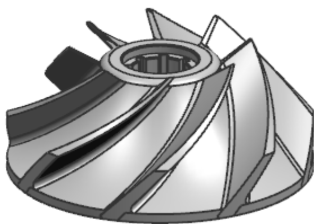


图 9–2 打开的模型文件

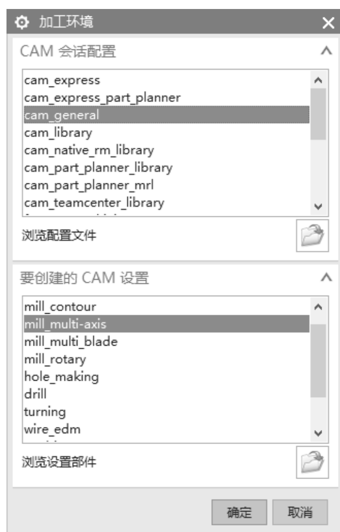


图 9–3 【加工环境】对话框

9.3.2 创建加工父级组

1．创建加工几何组

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

（1）设置加工坐标系 具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【MCS】图标，弹出【MCS】对话框，如图 9–4 所示。

② 单击【机床坐标系】选项组中的【CSYS】对话框按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形窗口中拖动坐标系手柄移动到图 9–5 所示的圆点，单击【确定】按钮返回【MCS】对话框。

（2）设置安全平面 在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择“平面”选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【刨】对话框。在如图 9–6 所示的【刨】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“XC-YC 平面”，在【偏置和参考】

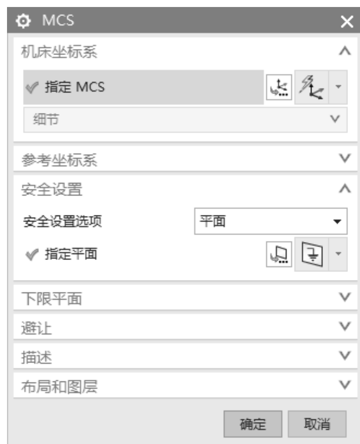


图 9–4 【MCS】对话框

选项组中选择图 9-6 所示的面，在【距离】文本框中输入“5”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 9-7 所示。



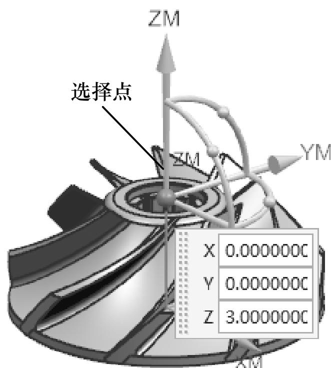


图 9-5　旋转确定加工坐标系

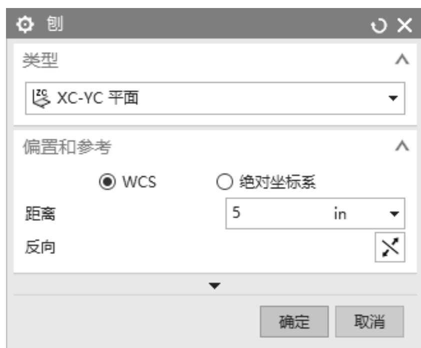


图 9-6 【刨】对话框

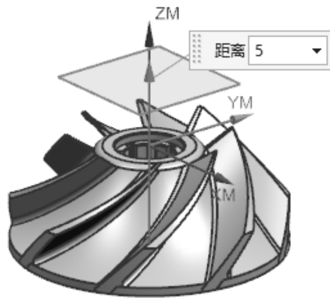


图 9-7　显示安全平面的位置

（3）创建加工几何　具体操作步骤如下：

① 在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 9-8 所示。

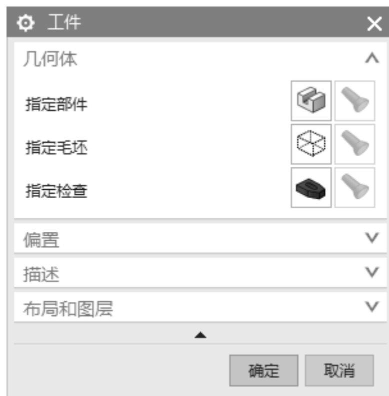


图 9-8 【工件】对话框

② 单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 9-9 所示图层 5 上的实体。单击【确定】按钮，返回【工件】对话框。



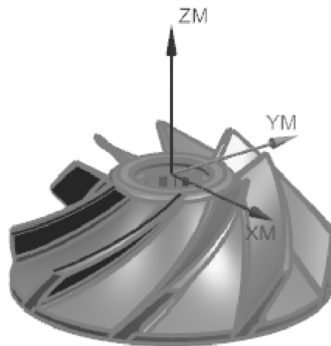
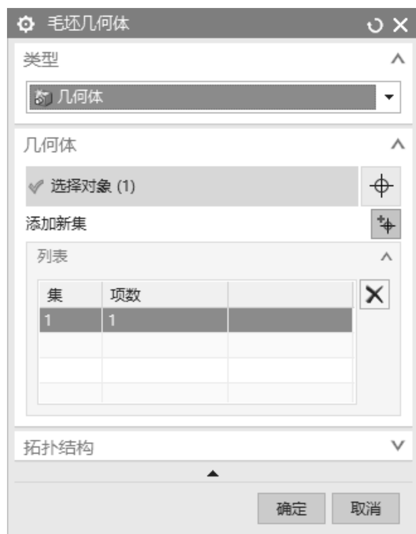


图 9−9　选择部件几何

③ 单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框，选择图层 10 上的实体作为毛坯图 9−10 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



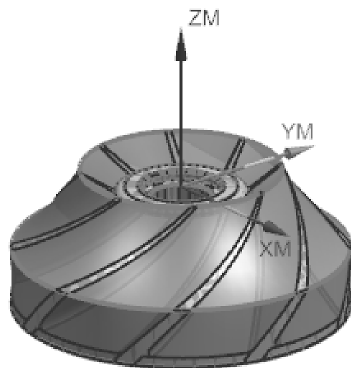


图 9−10　【毛坯几何体】对话框

2．创建刀具组

单击【快速访问】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

（1）创建直径为 B0.2 的球刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择“BALL_MILL”图标，在【名称】文本框中输入“B0.2”，如图 9−11 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-球头铣】对话框。

② 在【铣刀-球头铣】对话框中的【尺寸】选项组中设定【球直径】为“0.2000”，【长度】为“5.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 9−12 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

（2）创建直径为 B0.2B1 的锥度铣刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【刀具子类型】选择“BALL_MILL”图标，在【名称】文本框中输入“B0.2B1”，如图 9−13 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-球头铣】对话框。

② 在【铣刀-球头铣】对话框中设定【球直径】为“0.2000”，【长度】为“5.0000”，【锥角】为“1.0000”，【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 9-14 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 9-11 【创建刀具】对话框

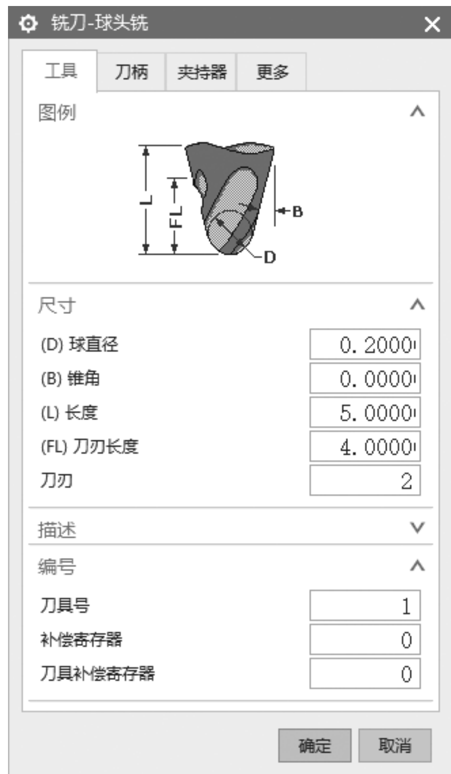


图 9-12 【铣刀-球头铣】对话框



图 9-13 【创建刀具】对话框

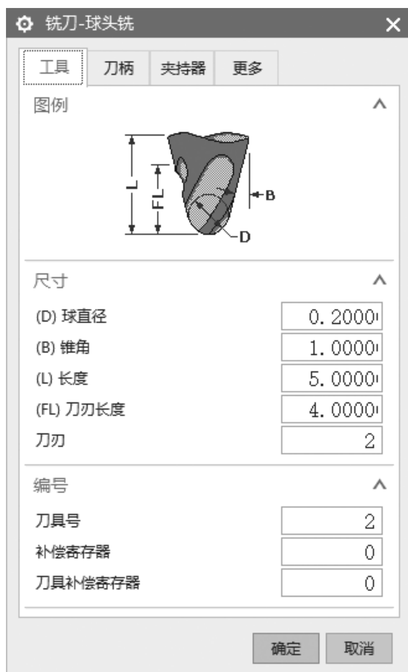


图 9-14 【铣刀-球头铣】对话框

9.3.3 流道精加工

单击【工序导航器】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“B0.2”，【几何体】选择“WORKPIECE”，【方法】选择“MILL_FINISH”，在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISH1”，如图 9-15 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 9-16 所示。

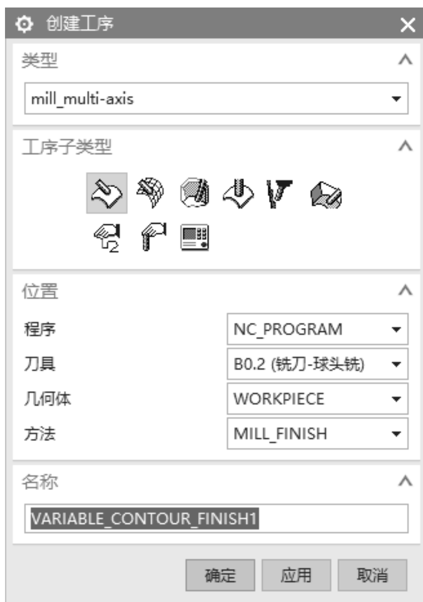


图 9-15 【创建工序】对话框



图 9-16 【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择图 9-17 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



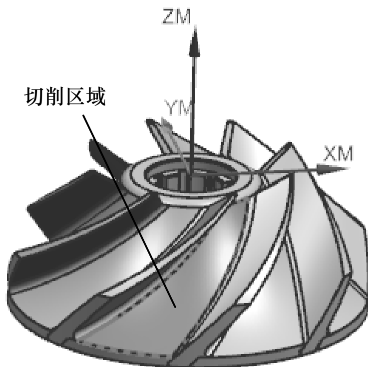


图 9-17 选择铣削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表框中选取【曲面】，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 9−18 所示。



图 9−18　【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图 9−19 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



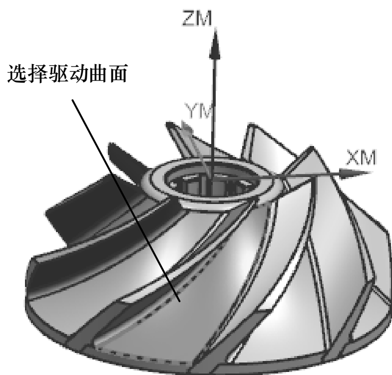


图 9−19　选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 9−20 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 9−21 所示。

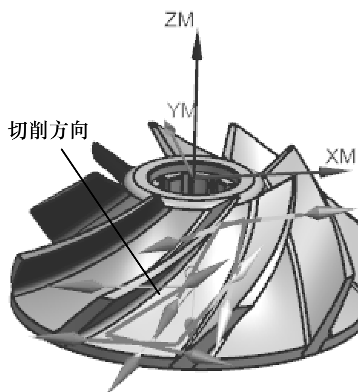


图 9-20 选择切削方向

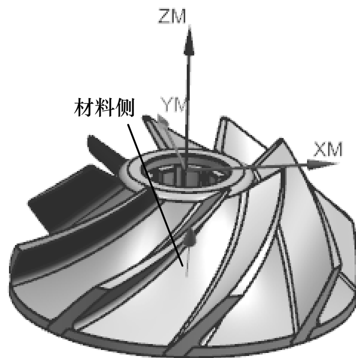


图 9-21 设置材料侧方向

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“往复”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.0100”，如图 9-22 所示。

6）在【更多】选项组中设置【切削步长】为“公差”，【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0100”，【过切时】为“警告”，如图 9-23 所示。



图 9-22 驱动参数设置



图 9-23 【更多】参数设置

7）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

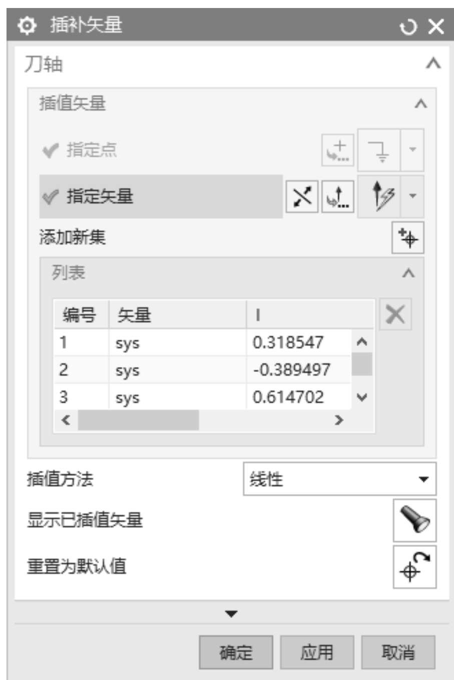
4．选择刀轴方向

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“插补矢量”，如图 9-24 所示。



图 9-24 选择刀轴方向

2）单击【刀轴】选项组中的【编辑参数】按钮，弹出【插补矢量】对话框，如图 9–25 所示。同时在图形区显示 4 点轴的默认矢量方向，如图 9–26 所示。



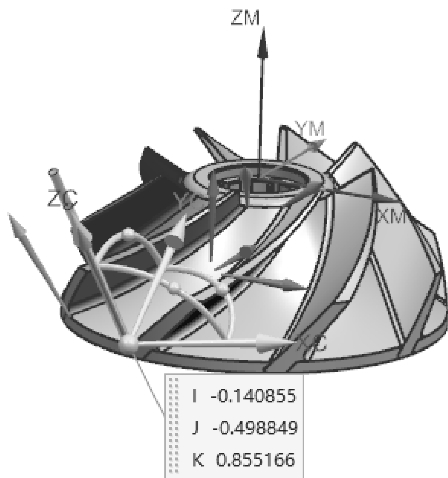
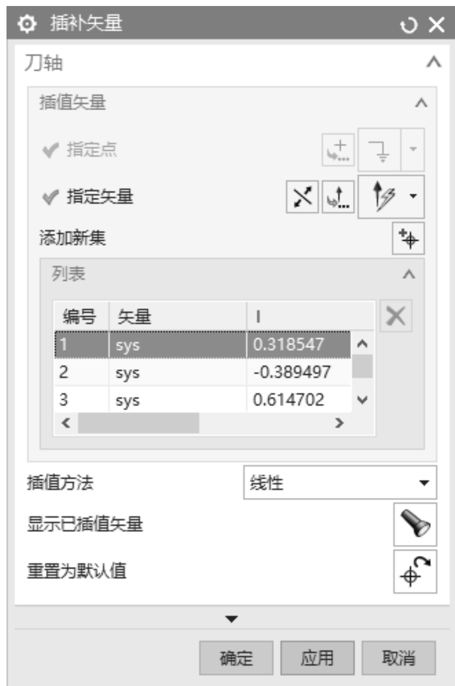


图 9–25　【插补矢量】对话框　　图 9–26　刀轴矢量方向

3）编辑刀轴矢量方向，具体操作步骤如下：

① 在【列表】中选中第一行，然后单击【指定矢量】后的按钮，在图形中选择侧面的边线为刀轴方向，如图 9–27 所示。单击【应用】按钮确定。



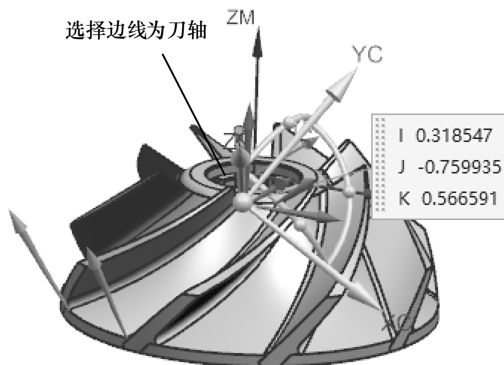
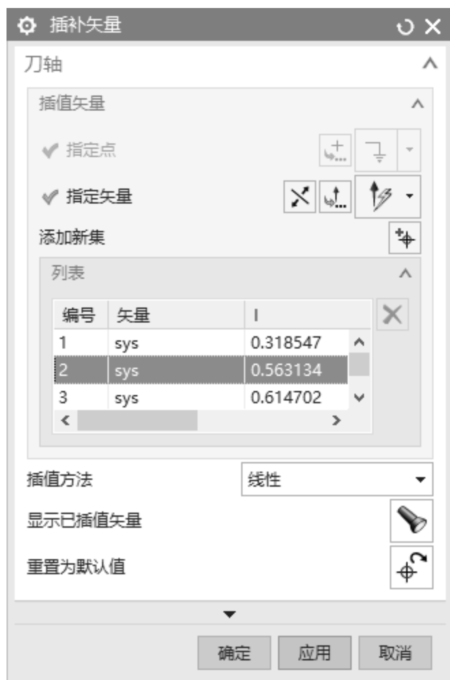


图 9–27　设置编号 1 的刀轴方向

(注意) 如果所选择的刀轴方向沿曲线反方向，可单击【指定矢量】后面的【反向】按钮☒。

② 重复上述过程，分别设置两点的刀轴方向沿侧面的边缘，如图 9-28 所示。



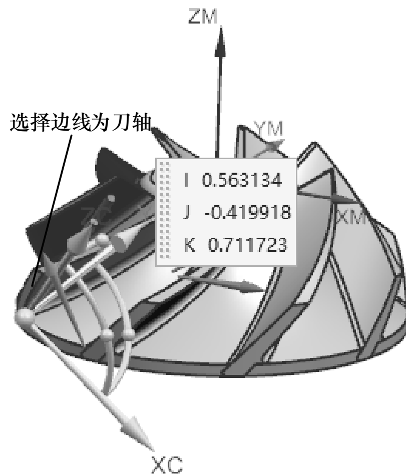
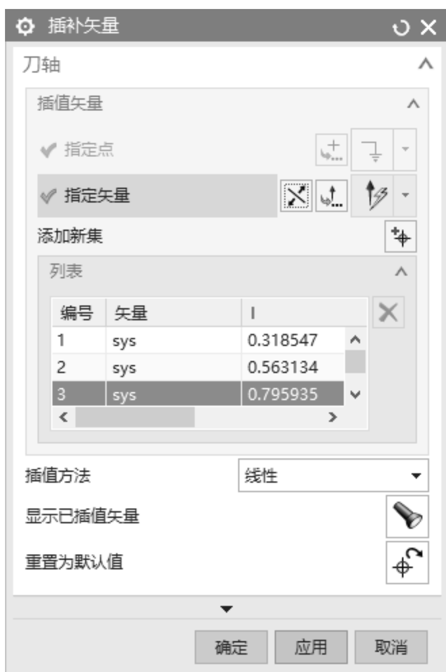


图 9-28 设置编号 2 的刀轴方向

③ 重复上述过程，分别设置 3 点的刀轴方向沿侧面的边缘，如图 9-29 所示。



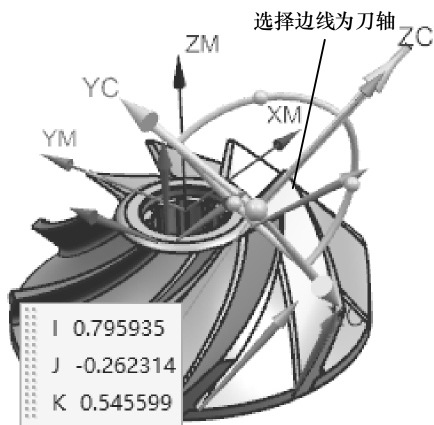
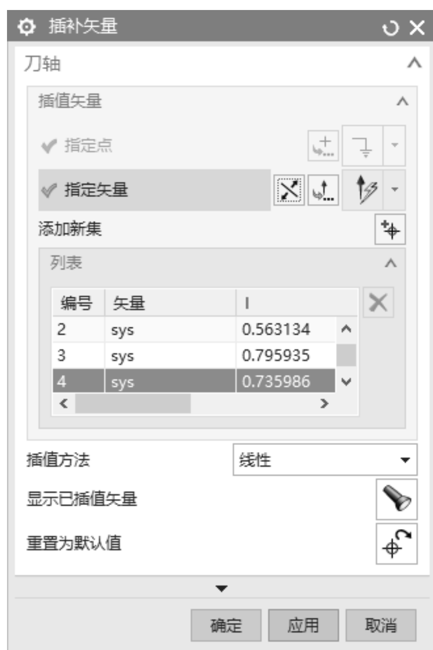


图 9-29 设置编号 3 的刀轴方向

④ 重复上述过程，分别设置 4 点的刀轴方向沿侧面的边缘，如图 9-30 所示。



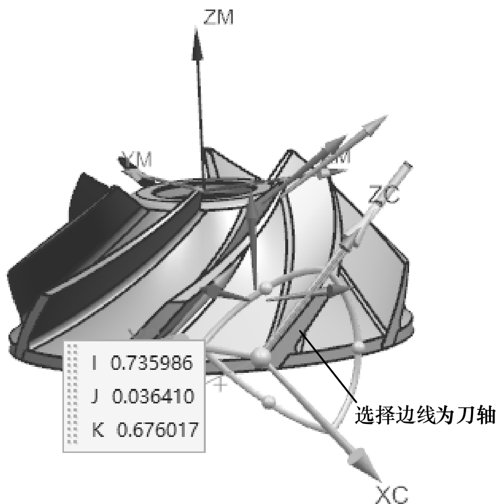


图 9-30　设置编号 4 的刀轴方向

4）单击【插补矢量】对话框中的【确定】按钮，关闭对话框返回。

5. 选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中选择“刀轴”，如图 9-31 所示。



图 9-31　选择投影矢量

6. 设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）【策略】选项卡：取消【在边上滚动刀具】复选框，其他接受默认设置，如图 9-32 所示。

2）【刀轴控制】选项卡：【最大刀轴更改】为“180.0000”，其他接受默认设置，如图 9-33 所示。



图 9-32　【策略】选项卡



图 9-33　【刀轴控制】选项卡

3）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7. 设置非切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1)【进刀】选项卡：在【开放区域】选项组中，设【进刀类型】为“圆弧-平行于刀轴”，其他参数如图 9-34 所示。

2)【退刀】选项卡：在【退刀】选项组中的【退刀类型】下拉列表框中选择“与进刀相同”，如图 9-35 所示。



图 9-34 【进刀】选项卡



图 9-35 【退刀】选项卡

3)【转移/快速】选项卡：【公共安全设置】选项组的【安全设置选项】为“圆柱”，【指定点】为（0,0,0），【指定矢量】为“ZC”，其他参数设置，如图 9-36 所示。



图 9-36 【转移/快速】选项卡

① 在【区域之间】设置“逼近”“离开”“移刀”参数如图 9-37 所示。

② 在【区域内】选项组中设置“逼近”“离开”“移刀”参数如图 9-38 所示。



图 9-37　设置区域之间参数



图 9-38　设置区域内参数

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8. 设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1200.000”，【切削】速度为“100.0000”，切削为“100.0000”，单位为 ipm，其他设置图 9-39 所示。

9. 生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 9-40 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 9-41 所示。

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

（注意）加工中流道底部可能有少量的残余材料，可通过延伸切削曲面来消除。



图 9-39 【进给率和速度】对话框

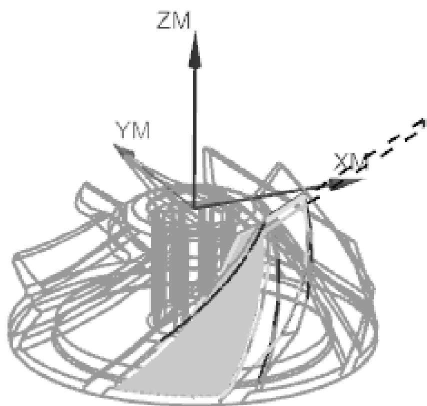


图 9-40 刀具路径

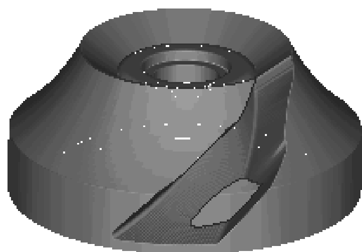


图 9-41 实体切削验证

9.3.4 左叶片侧面精加工

单击【工序导航器】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1．创建可变轴曲面轮廓铣工序

1）单击【加工创建】工具栏上的【创建工序】按钮，或打开菜单【插入】，单击【工序】命令，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表中选择“mill_multi-axis”，【工序子类型】选择第 1 行第 1 个图标（VARIABLE_CONTOUR），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”,【刀具】选择“B0.2B1”,【几何体】选择“WORKPIECE”,【方法】选择“MILL_FINISH”,

在【名称】文本框中输入“VARIABLE_CONTOUR_FINISHLEFT”，如图 9−42 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【可变轮廓铣】对话框，如图 9−43 所示。

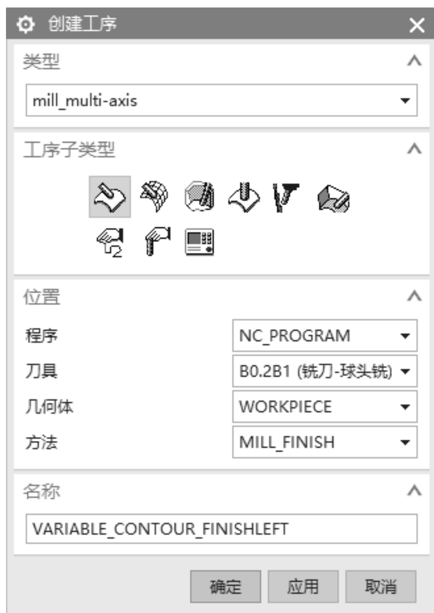


图 9−42 【创建工序】对话框



图 9−43 【可变轮廓铣】对话框

2．选择铣削区域

在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，依次选择图 9−44 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回【可变轮廓铣】对话框。



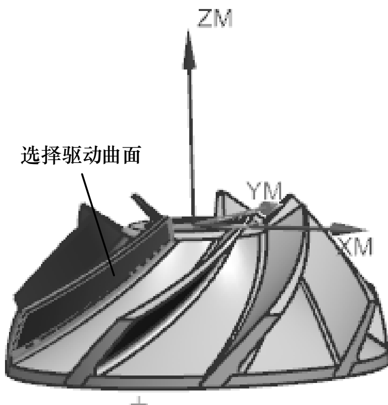


图 9−44 选择铣削区域

3．选择驱动方法

1）在【可变轮廓铣】对话框中，在【驱动方法】选项组中的【方法】下拉列表中选取【曲面】，系统弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 9−45 所示。



图 9-45 【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，选择图 9-46 所示的曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。



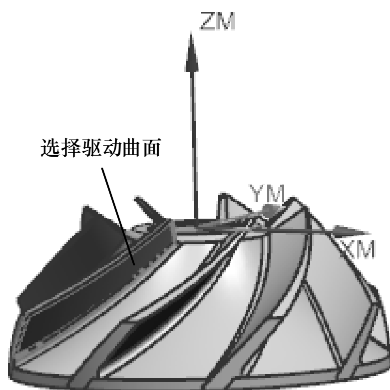


图 9-46 选择驱动曲面

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 9-47 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 9-48 所示。

5）在【驱动设置】选项组中选择【切削模式】为“往复”，【步距】为“残余高度”，并输入【最大残余高度】为“0.0100”，如图 9-49 所示。

6）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

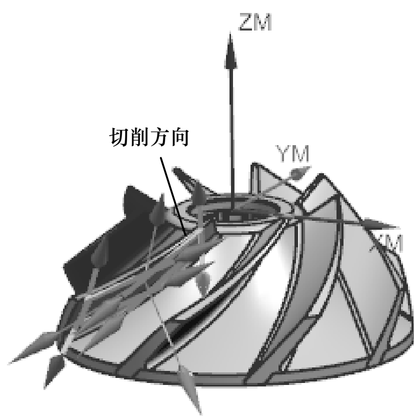


图 9-47　选择切削方向

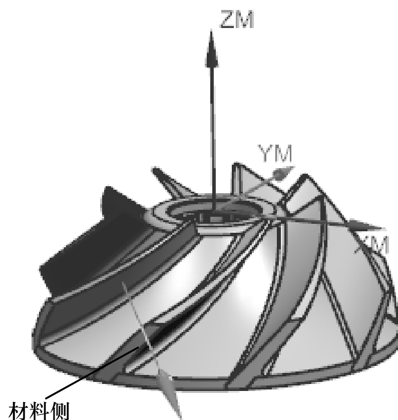


图 9-48　设置材料侧方向



图 9-49　驱动参数设置

4．选择刀轴方向

1）在【刀轴】选项组中选择【轴】为“侧刃驱动体”，在【侧倾角】文本框中输入“0.0000”，如图 9-50 所示。

2）在图形区选择图 9-51 所示的箭头方向作为刀轴方向，然后返回【可变轮廓铣】对话框。



图 9-50　选择刀轴

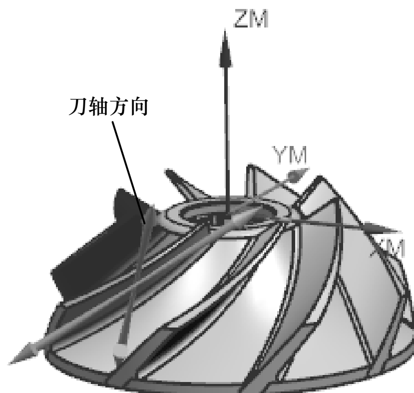


图 9-51　选择刀轴方向

5．选择投影矢量方向

在【投影矢量】选项组中的【矢量】选择“刀轴”，如图 9-52 所示。



图 9-52　选择投影矢量

6．设置切削参数

单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置切削加工参数。

1）【策略】选项卡：取消【在边上滚动刀具】复选框，其他接受默认设置，如图 9-53 所示。

2）【余量】选项卡：在【内公差】和【外公差】文本框中均输入“0.0010”，如图 9-54 所示。

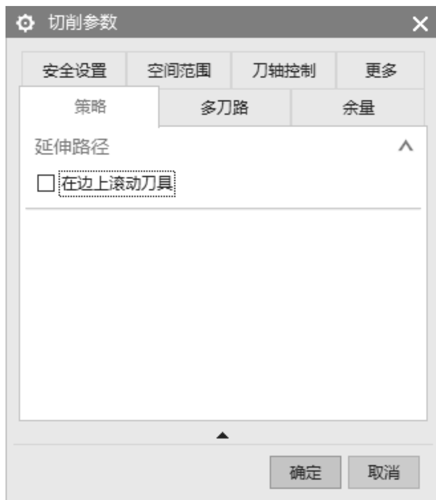


图 9-53　【策略】选项卡



图 9-54　【余量】选项卡

3）【刀轴控制】选项卡：设置【最大刀轴更改】为“10.0000”，其他设置如图 9-55 所示。

4）【更多】选项卡：【切削步长】为“刀具百分比”，并在【最大步长】文本框中输入“10.0000”，如图 9-56 所示。



图 9-55　【刀轴控制】选项卡



图 9-56　【更多】选项卡

5）单击【确定】按钮，完成切削参数设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

7．设置非切削参数

单击【刀轨设置】组框中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

1）【进刀】选项卡：在【开放区域】选项组中，设【进刀类型】为“圆弧-平行于刀轴”，其他参数如图 9-57 所示。

2）【退刀】选项卡：在【退刀】选项卡中的【退刀类型】下拉列表中选择“与进刀相同”，如图 9-58 所示。



图 9-57 【进刀】选项卡



图 9-58 【退刀】选项卡

3）【转移/快速】选项卡：设【公共安全设置】选项组的【安全设置选项】为“圆柱”，【指定点】为（0,0,0），【指定矢量】为“ZC”，其他参数设置如图 9-59 所示。



图 9-59 【转移/快速】选项卡

① 在【区域之间】选项组中设置“逼近”“离开”“移刀”参数，如图 9-60 所示。

② 在【区域内】选项组中设置“逼近”“离开”“移刀”参数如图 9-61 所示。



图 9-60　设置区域之间参数



图 9-61　设置区域内参数

4）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

8．设置进给参数

单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1200.000”，切削速度为“100”，单位为 ipm，其他设置图 9-62 所示。

9．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 9-63 所示。

2）单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 9-64 所示。

3）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。



图 9-62　【进给率和速度】对话框

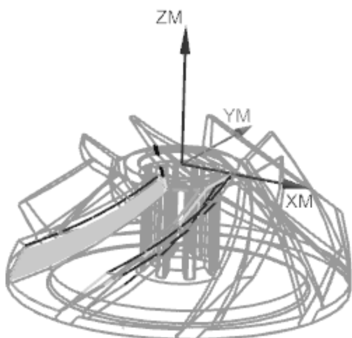


图 9-63　刀具路径

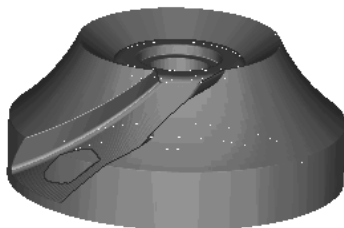


图 9-64　实体切削验证

9.3.5　右叶片精加工

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

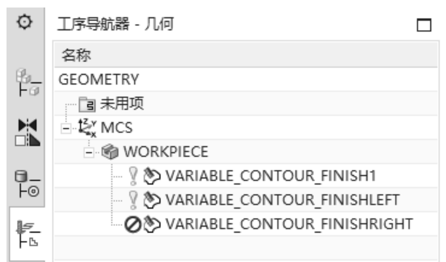


图 9-65　重命名工序

1．复制工序

1）在【工序导航器】中选中“VARIABLE_CONTOUR_FINISHLEFT”工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，然后选择“VARIABLE_CONTOUR_FINISHLEFT”工序，单击鼠标右键，选择【粘贴】命令。

2）双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISHLEFT_COPY”，然后将其重新命名为“VARIABLE_CONTOUR_FINISHRIGHT”，如图 9-65 所示。

2．更改铣削区域

在工序导航器中双击“VARIABLE_CONTOUR_FINISHRIGHT”，弹出【可变轮廓铣】对话框，在【几何体】选项组中单击【指定或编辑切削区域几何体】按钮，弹出【切削区域】对话框，选择图 9-66 所示的曲面，单击【确定】按钮，返回工序对话框。



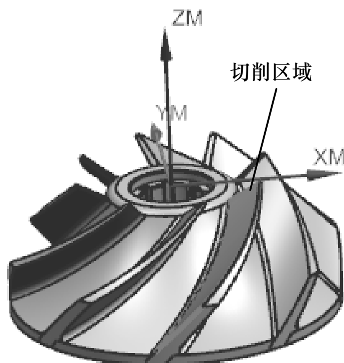


图 9-66　选择铣削区域

3．更改驱动参数

1）单击【驱动方法】选项组中的【编辑】按钮，弹出【曲面区域驱动方法】对话框，如图 9-67 所示。



图 9-67 【曲面区域驱动方法】对话框

2）在【驱动几何体】选项组中，单击【指定驱动几何体】选项后的【选择或编辑驱动几何体】按钮，弹出【驱动几何体】对话框，删除所有驱动几何体，重新选择图 9-68 所示的曲面作为驱动曲面。单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

3）在【驱动几何体】选项组中单击【切削方向】按钮，弹出【切削方向确认】对话框，选择图 9-69 所示箭头所指定方向为切削方向，然后单击【确定】按钮，返回【曲面区域驱动方法】对话框。

4）在【驱动几何体】选项组中单击【材料反向】按钮，确认材料侧方向如图 9-70 所示。



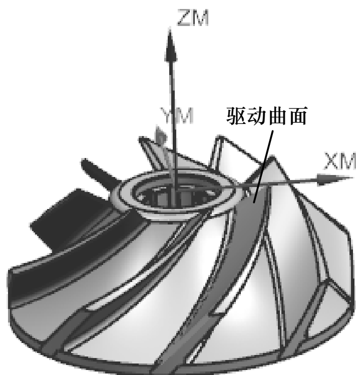


图 9-68　选择驱动曲面

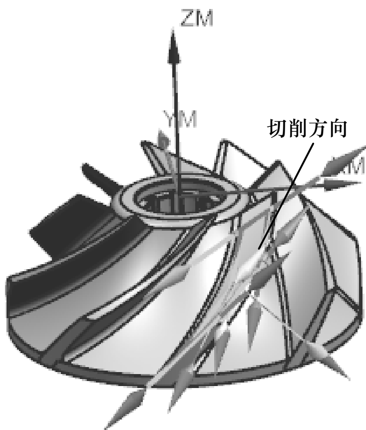


图 9-69　选择切削方向

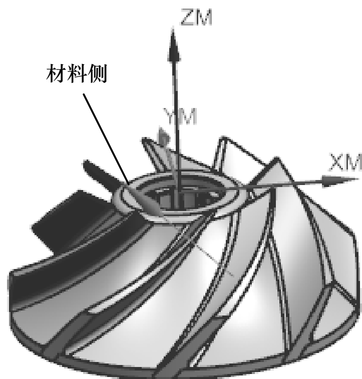


图 9-70　设置材料侧方向

5）单击【曲面区域驱动方法】对话框中的【确定】按钮，完成驱动方法设置，返回【可变轮廓铣】对话框。

4．选择刀轴方向

在【刀轴】选项组中选择【轴】为“侧刃驱动体”，【侧倾角】为“5.0000”，如图 9-71 所示。

在图形区选择图 9-72 所示的箭头方向作为刀轴方向，然后返回【可变轮廓铣】对话框。



图 9-71　选择刀轴方式

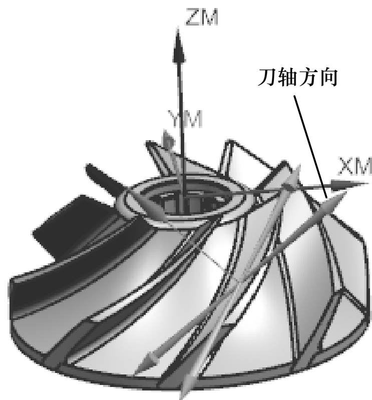


图 9-72　选择刀轴方向

5．生成刀具路径并验证

1）在【可变轮廓铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径。然后单击【可变轮廓铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 9−73 所示。

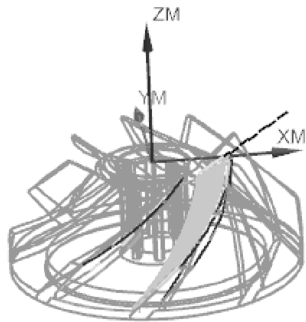


图 9−73　刀具路径和实体切削验证

2）单击【可变轮廓铣】对话框中的【确定】按钮，接受刀具路径，并关闭【可变轮廓铣】对话框。

9.3.6　旋转阵列操作

1）在【工序导航器】窗口中选中 MCS 下的所有的加工操作，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 9−74 所示。

2）在弹出的【变换】对话框中【类型】下拉列表框选择“绕直线旋转”，在【变换参数】选项组中选择【直线方法】为“点和矢量”，【指定点】为原点（0，0，0），【指定矢量】为“ZC”，在【结果】选项中选择“实例”，【距离/分割角度】为“8”，【实例数】为“7”，如图 9−75 所示。



图 9−74　菜单快捷命令



图 9−75　【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 9−76 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【工序】工具栏上的【确认刀轨】按钮，可验证所设置的刀轨，如图 9−77 所示。

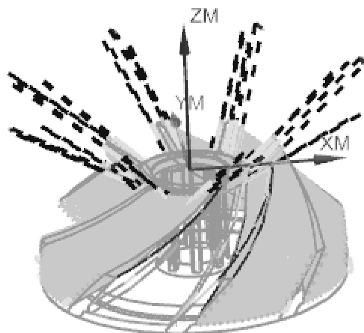


图 9-76　旋转复制的切削刀具路径

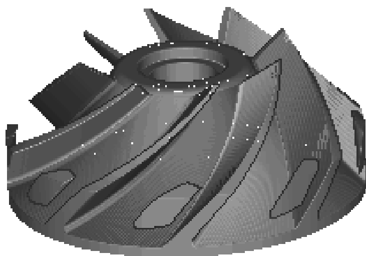


图 9-77　刀具路径切削验证

9.3.7　刀具路径后处理

1）在【工序导航器】中选择所有生成刀具路径的工序，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组中的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框，如图 9-78 所示。

2）选择“MILL_5 AXIS”后处理器类型，选择好合适的输出文件目录后，单击【确定】按钮，生成 NC 代码，如图 9-79 所示。

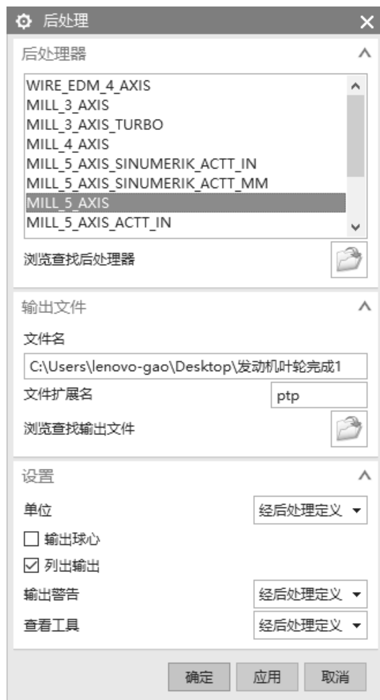


图 9-78　后处理对话框

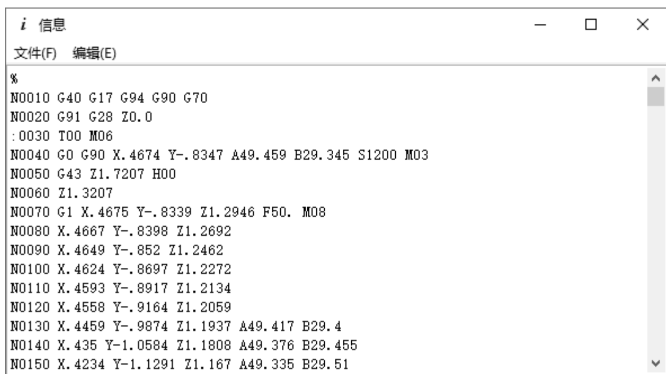


图 9-79　生成的 NC 代码

3）打开【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 9 章\发动机整体叶轮完成.prt）。

9.4　实例小结

本章以加工航空发动机叶轮为例，讲解了曲面驱动的可变轴曲面轮廓铣加工方法以及插补刀轴方法。读者学习时，应重点区分插补刀轴和侧刃驱动体的应用。对于流道加工，一般采用曲面区域驱动方式，刀轴应该选择插补，通过编辑刀轴矢量与侧面切线方向相同的方法来控制刀具摆动的范围。对于侧面加工，一般采用曲面区域驱动方式，刀轴应该选择侧刃驱动体，通过控制侧倾角度来调整刀轴的方向。

10

第 10 章　车铣复合加工入门实例——安装套管数控加工

本例加工对象为安装套管，它的外形结构如图 10−1 所示。通过此加工实例的学习，读者将对 UG NX 车铣复合加工的操作方法和步骤有一基本的了解。

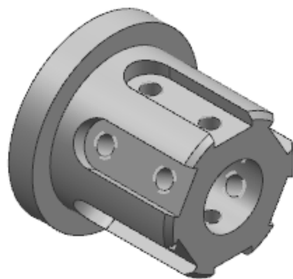


图 10−1　安装套管

10.1　实例分析

10.1.1　实例整体分析

如图 10−1 所示，安装套管为圆柱形结构，在圆柱面上均匀分布 6 个凹槽和两个直径为 M8 的螺纹孔。由于车床一般只能加工回转体表面，难于加工平面和斜孔，所以可在车铣复合加工中心上完成加工。给定坯料为圆柱形管料，材料为 45 钢。

10.1.2　实例加工分析

由于车铣复合加工中心是典型的多主轴加工机床，根据零件特点安排如下加工：

（1）车削加工　利用 UG NX 车削加工模块完成外圆表面的端面车、粗车、精车。通过选择实体方法建立部件几何，采用边界法建立毛坯几何。外圆粗加工采用 OD_80_L 车刀，精加工采用 OD_55_L 车刀。

（2）铣削加工　利用 UG NX 平面铣加工模块完成凹槽铣削，然后钻孔、攻螺纹。在加工之前要准备好铣削加工坐标系，因为在多轴加工中，每一个轴都要定义一个 MCS。

（3）刀轨旋转变换　利用刀轨旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域，简化操作创建，节省时间，提高效率。

10.2　加工流程与每步所用知识点

安装套管零件数控加工具体的设计流程和知识点，见表 10−1 所示。

表 10−1 安装套管数控加工流程和知识点

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（turning）	加工环境 CAM 会话配置 cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library feature_machining hole_making 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_contour mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning wire_edm 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：定义车削加工坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置	XM YM ZM X 62.000000 Y 0.000000 Z 0.000000
Step 3：设置车削几何	利用现有曲面、曲线建立车削几何	XM MountPt YM ZM
Step 4：创建车削加工刀具	车削加工刀具可分为：标准车刀、槽刀、成形刀、螺纹刀等	标准刀片 槽刀 螺纹刀
Step 5：创建端面、外圆粗车、精车	端面、粗、精车外圆使零件直径达到图纸要求	XM YM ZM
Step 6：创建铣削加工坐标系	创建铣削加工坐标系，以调整铣削主轴的位置	ZM YM XM X 60.000000 Y 0.000000 Z 27.500000

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 7：创建铣削几何	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	ZM YM XM
Step 8：创建铣削刀具	创建加工所需的加工刀具	L FL R D A B D R
Step 9：创建平面铣工序	平面铣是一种2.5轴的加工方式，它在加工过程中产生水平方向 *XY* 的2轴联动，而 *Z* 轴方向只在完成一层加工后进入下一层时才作单独的动作，从而完成整个零件的加工	ZM YM XM
Step 10：创建钻孔、攻螺纹点位加工	利用点位加工创建钻孔工序的刀轨	ZM YM XM
		ZM YM XM
Step 11：刀具旋转复制	利用刀轨旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域	ZM YM XM
Step 12：创建部件分离工序	将加工后的部件从坯料上分离切开	XM YM ZM XM YM ZM

10.3　具体的加工操作过程

10.3.1　初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“安装套管.prt”（随书文件：\第 10 章\安装套管.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 10−2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“turning”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 10−3 所示。

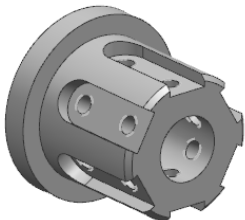


图 10−2　打开的模型文件

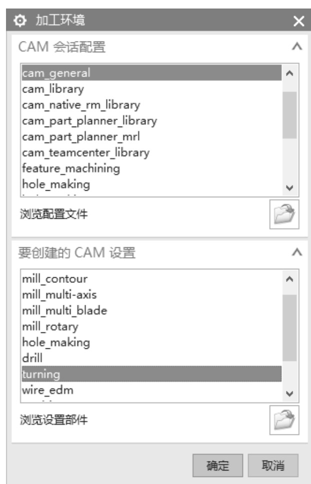


图 10−3　【加工环境】对话框

10.3.2　车削加工

1．创建车削加工坐标系

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）双击【工序导航器】窗口中的【MCS_SPINDLE】图标 MCS_SPINDLE，弹出【MCS 主轴】对话框，如图 10−4 所示。

2）在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形区的坐标框中输入（62.000000，0.0000000，0.0000000），如图 10−5 所示。单击【确定】按钮返回上一对话框。



图 10−4　【MCS 主轴】对话框



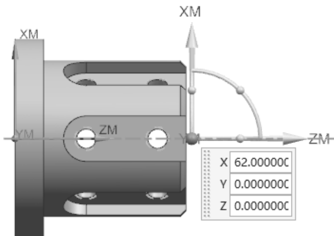


图 10−5　移动坐标系

3）在【车床工作平面】选项组的下拉列表框中选择“ZM-XM”，设置 XC 轴为机床主轴，单击【确定】按钮，完成加工坐标系设置，如图 10-6 所示。

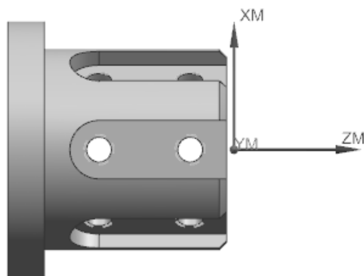
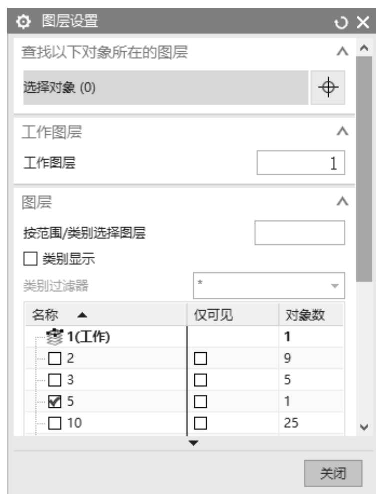


图 10-6　设置的加工坐标系

(注意) ZM-XM 平面被定义为车削工作平面，ZM（WCS XC）轴被定义为主轴中心线，加工坐标系原点被定义为编程原点。

2．创建车削加工几何

1）打开菜单【格式】，单击【图层设置】命令，弹出【图层设置】对话框，隐藏图层 10，打开图层 5，如图 10-7 所示。单击【确定】按钮完成。



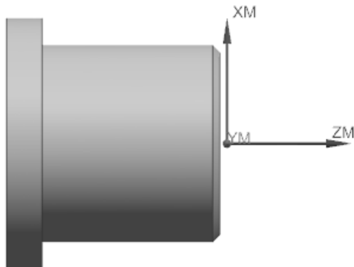


图 10-7　图层设置

2）创建部件几何。在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 10-8 所示。单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。在图形区选择所有实体，如图 10-9 所示。依次单击【确定】按钮完成部件几何的创建。

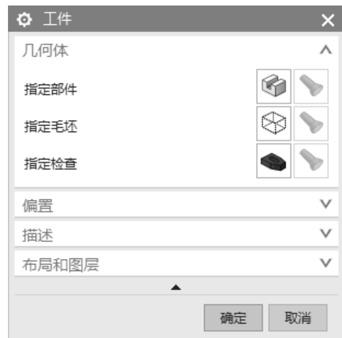


图 10-8　【工件】对话框

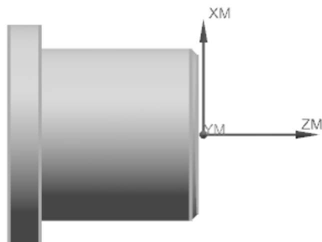


图 10-9　选择部件几何

3）指定毛坯边界。具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【TURNING_WORKPIECE】图标 TURNING_WORKPIECE，弹出【车削工件】对话框，如图 10-10 所示。

② 单击【车削工件】对话框的【几何体】选项组中【指定毛坯边界】选项后的【选择或编辑毛坯边界】按钮，弹出【毛坯边界】对话框，设置相关参数如图 10-11 所示。

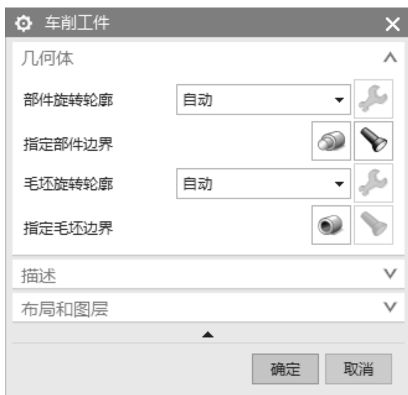


图 10-10　【车削工件】对话框



图 10-11　【毛坯边界】对话框

③ 单击【指定点】后的【点对话框】按钮，弹出【点】构造器，设置安装位置为坐标原点（–38，0.000000000，0.000000000）。依次单击【确定】按钮，完成毛坯边界设置，如图 10-12 所示。



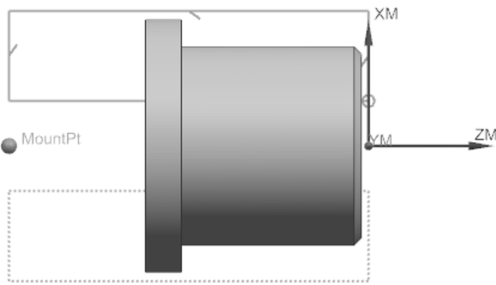


图 10-12　定义的毛坯边界

3．创建避让几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。【类型】选择“turning”，【几何体子类型】为【AVOIDANCE】图标，【位置】选项组的【几何体】设为“TURNGING_WORKPIECE”，【名称】文本框中输入“AVOIDANCE”，如图 10-13 所示。单击【确定】按钮，弹出【避让】对话框，如图 10-14 所示。

2）设置出发点。在【出发点】选项组的【点选项】选择【指定】，然后单击【点构造器】按钮，并在弹出的【点构造器】中输入坐标为（100，70，0），如图 10-15 所示。单击【确定】按钮返回。



图 10-13 【创建几何体】对话框

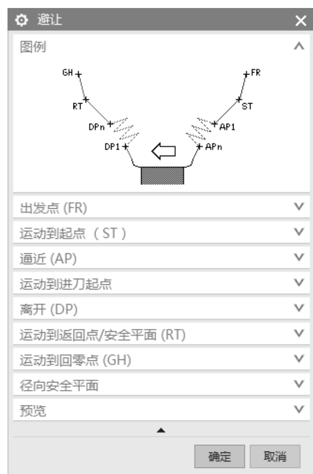
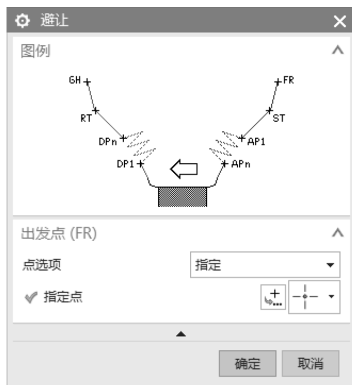


图 10-14 【避让】对话框





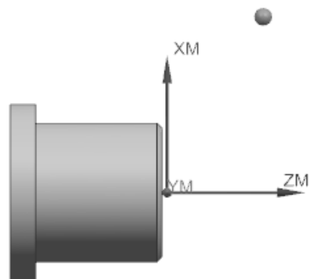
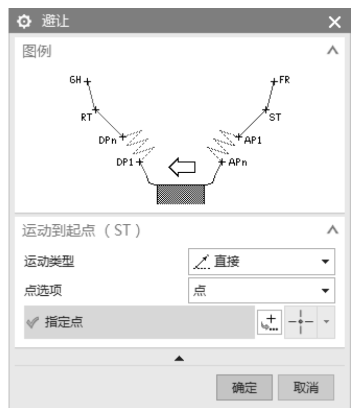


图 10-15 设置出发点

3）设置起点。设置【运动到起点】选项组中的【运动类型】为“直接”，【点选项】为“点”，单击【点构造器】按钮，并在弹出的点构造器中输入坐标（90，55，0.000000000），如图 10-16 所示。单击【确定】按钮返回完成设置，如图 10-17 所示。





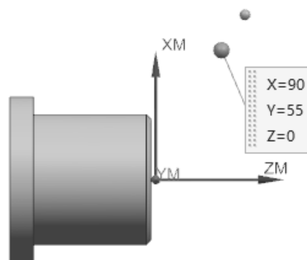


图 10-16 设置起点和运动类型

4）设置进刀起点。设置【运动到进刀起点】选项组的【运动类型】为“径向->轴向”，如图 10−17 所示。

5）设置【运动到返回点/安全平面（RT）】选项组的【运动类型】为“径向->轴向”，【运动到回零点】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】均为“与起点相同”，如图 10−18 所示。



图 10−17　设置进刀起点

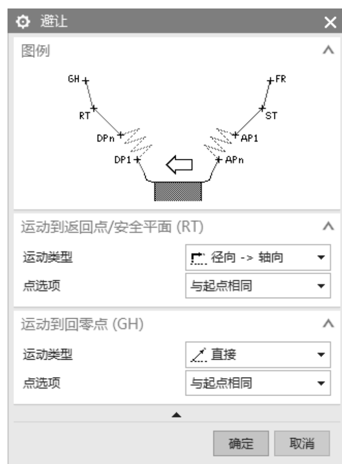


图 10−18　设置返回点和回零点

4．创建车削刀具

单击【工序导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。创建端面车刀，具体操作步骤如下：

（1）创建端面车刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_80_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_80_L_FACE”，如图 10−19 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【刀尖半径】为“1.2000”，【方向角度】为“−15.0000”，【刀片尺寸】选项组的【长度】为“15.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 10−20 所示。

③ 在【夹持器】选项卡的【夹持器（柄）】选项组中选择【样式】为“K 样式”，设置其他参数如图 10−21 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 10−19　【创建刀具】对话框

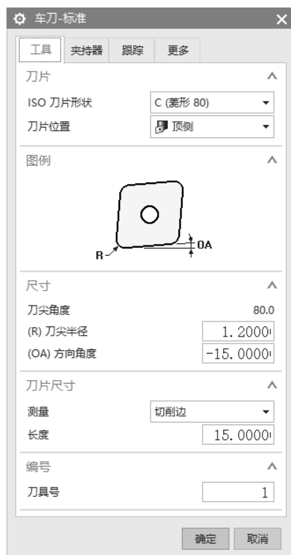


图 10−20　【工具】选项卡

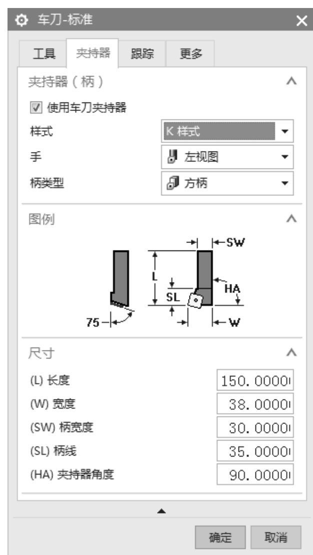


图 10−21　【夹持器】选项卡

（2）创建外圆粗加工车刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_80_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_80_L_FACE”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设定【尺寸】选项组的【刀尖半径】为“0.1000”，【方向角度】为“5.0000”，【长度】为“15.0000”，【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 10-22 所示。

③ 在【夹持器】选项卡的【夹持器（柄）】中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“L 样式”，设置其他参数如图 10-23 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

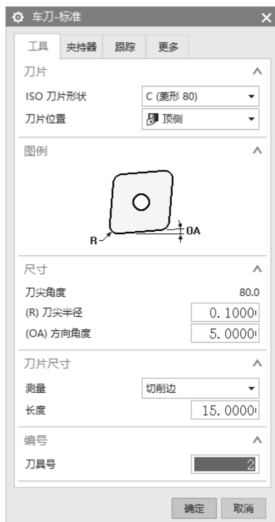


图 10-22 【工具】选项卡

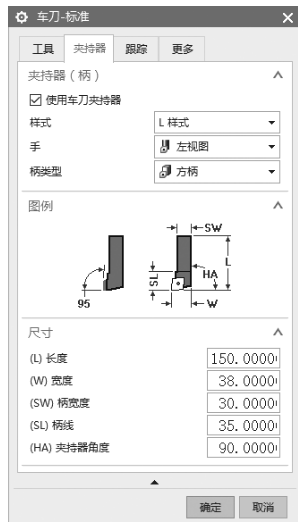


图 10-23 【夹持器】选项卡

（3）创建外圆精加工车刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_55_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_55_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【刀尖半径】为“0.1000”，【方向角度】为“17.5000”，【长度】为“15.0000”，【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 10-24 所示。

③ 在【夹持器（柄）】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“Q 样式”，设置其他参数如图 10-25 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

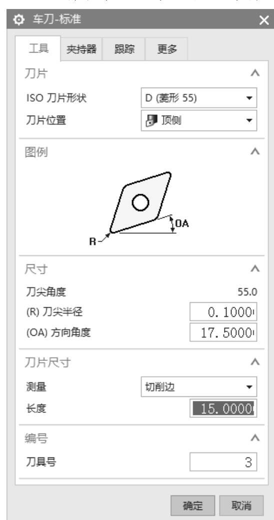


图 10-24 【工具】选项卡

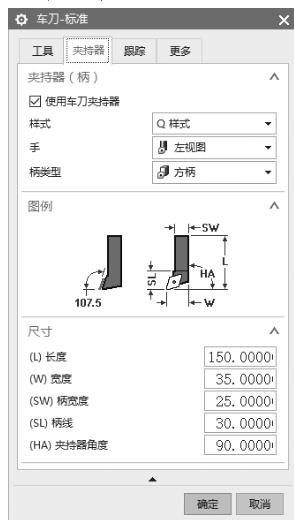


图 10-25 【夹持器】选项卡

（4）创建切断刀　具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择“OD_GROOVE_L”图标，在【名称】文本框中输入“OD_GROOVE_L”，单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【槽刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【刀片长度】为“4.0000”，【刀具号】为“4”，其他参数接受默认设置，如图 10-26 所示。

③ 在【夹持器（柄）】选项卡中选择【样式】为“0 度”，设置其他参数如图 10-27 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

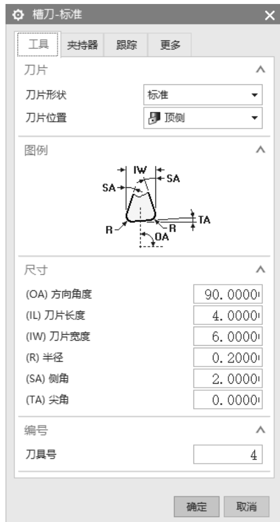


图 10-26 【工具】选项卡

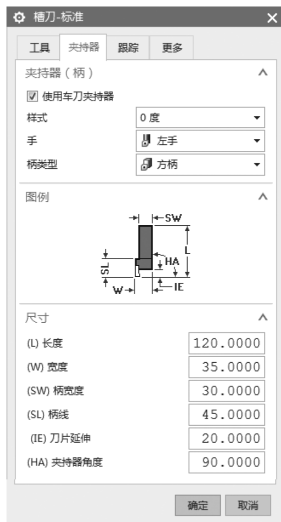


图 10-27 【夹持器】选项卡

5．创建端面车削

（1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 1 个图标（FACING），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_80_L_FACE”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_FINISH”，在【名称】文本框中输入“FACING”，如图 10-28 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【面加工】对话框，如图 10-29 所示。



图 10-28 【创建工序】对话框



图 10-29 【面加工】对话框

（2）设置切削区域 具体步骤如下：

① 设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框，如图 10-30 所示。

② 在【轴向修剪平面 1】选项组的【限制选项】的下拉列表框中选择【点】，单击【点构造器】按钮，在图形区选择图 10-31 所示的圆柱端面圆心点。

（3）设置切削策略和刀轨设置 在【切削策略】选项组的【策略】下拉列表框中选择【单向线性切削】走刀方式。在【面加工】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹度】为“270.0000”，【方向】为“前进”；【步进】选项组中选择【切削深度】为“变量平均值”，【最大值】为“1”；选择【变换模式】为“省略”，【清理】为“全部”，如图 10-32 所示。



图 10-30 修剪平面设置

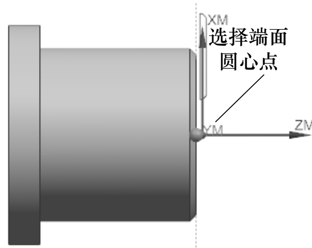


图 10-31 设定修剪平面位置



图 10-32 【刀轨设置】选项

（4）设置非切削参数 单击【刀轨设置】选项组中的【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框。

①【进刀】选项卡：在【毛坯】选项组中设【进刀类型】为“线性-自动”，【自动进刀选项】为“自动”，其他参数如图 10-33 所示。

②【退刀】选项卡：在【毛坯】选项组中设【退刀类型】为“线性-自动”，其他参数如图 10-34 所示。



图 10-33 【进刀】选项卡



图 10-34 【退刀】选项卡

③【逼近】选项卡：在【运动到进刀起点】选项组中设【运动类型】为“轴向->径向”，其他参数如图 10−35 所示。

④【离开】选项卡：在【运动到返回点/安全平面】选项组中设【运动类型】为“轴向->径向”，其他参数如图 10−36 所示。



图 10−35 【逼近】选项卡

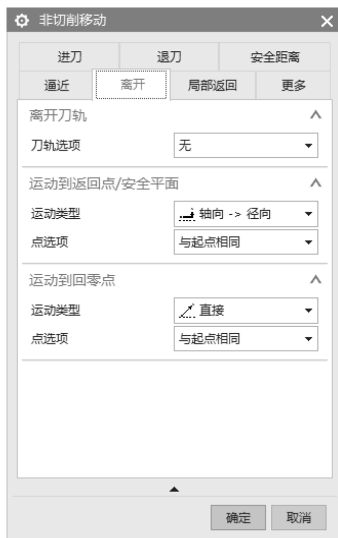


图 10−36 【离开】选项卡

⑤ 单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，完成非切削参数设置。

（5）设置进给参数　单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“500.0000”，【切削】速度为“0.1500”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 10−37 所示。

（6）生成刀具路径并验证　具体步骤如下：

① 在【面加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10−38 所示。

② 单击【面加工】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 10−38 所示。



图 10−37 【进给率和速度】对话框

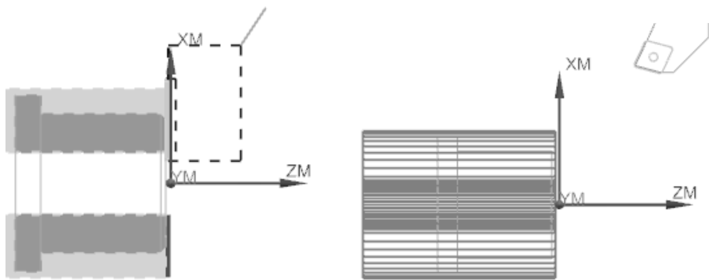


图 10−38　生成的刀具路径

（7）单击【确定】按钮，返回【面加工】对话框，然后单击【确定】按钮，完成面加工工序。

6．创建外圆粗车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 2 个图标

（ROUGH_TURN_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_80_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“ROUGH_TURN_OD”，如图 10−39 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径粗车】对话框，如图 10−40 所示。

2）在【切削策略】中的【策略】中选择“单向线性切削”走刀方式，如图 10−40 所示。

3）在【刀轨设置】中的【策略】中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”；选择【步进】选项组的【切削深度】为“变量平均值”，【最大值】为“2.0000”；选择【变换模式】为“省略”，【清理】为“全部”，如图 10−41 所示。



图 10−39 【创建工序】对话框



图 10−40 【外径粗车】对话框



图 10−41 【刀轨设置】选项

4）设置切削参数。在【外径粗车】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：取消【允许底切】复选框，接受默认设置，如图 10−42 所示。

②【余量】选项卡：设置【面】为“0.5000”，【径向】为“0.7000”，如图 10−43 所示。



图 10−42 【策略】选项卡



图 10−43 【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“600.000”，【切削】速度为“0.5000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 10−44 所示。

6）生成刀具路径并验证，具体步骤如下：

① 在【外圆粗车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10−45 所示。

② 单击【外圆粗车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 10−45 所示。



图 10−44 【进给率和速度】对话框

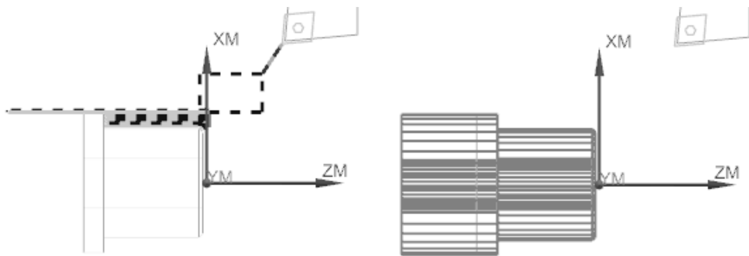


图 10−45　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【外径粗车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成粗车加工工序。

7. 创建外圆精车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 6 个图标（FINISH_TURN_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_55_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_FINISH”，在【名称】文本框中输入“FINISH_TURN_OD”，如图 10−46 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径精车】对话框，如图 10−47 所示。

2）在【切削策略】选项组中选择“全部精加工”走刀方式，如图 10−47 所示。



图 10−46 【创建工序】对话框



图 10−47 【外径精车】对话框

3）在【外径精车】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”,【方向】为“前进”，其他参数如图 10−48 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1000.000”,【切削】速度为“1.0000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 10−49 所示。



图 10−48 【刀轨设置】选项



图 10−49 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证。

① 在【外径精车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10−50 所示。

② 单击【外径精车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 10−50 所示。

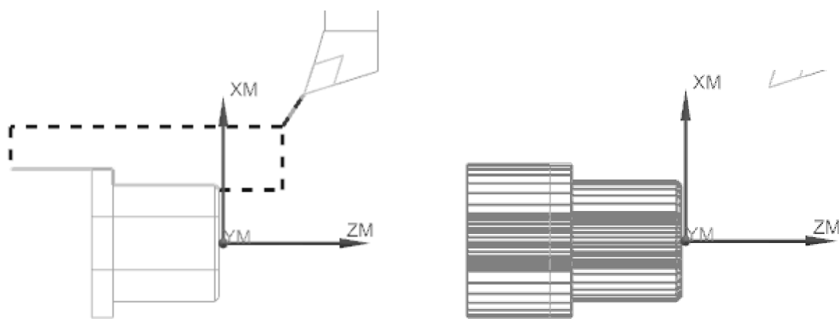


图 10−50 刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径精车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成精车加工工序。

10.3.3 铣 削 加 工

1．创建铣削加工坐标系

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_planar”，单击【MCS】图标，【名称】文本框中输入“MCS_MILL”然后单击【确定】按钮，如图 10−51 所示。

2）系统弹出【MCS】对话框，如图 10−52 所示。在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS】按钮，弹出【CSYS】对话框，在【类型】中选择“动态”，输入坐标（60.000000，0.0000000，27.500000）。调整加工坐标系方位如图 10−53、图 10−54 所示。单击【确定】按钮，返回【MCS】对话框。



图 10−51　【创建几何体】对话框



图 10−52　【MCS】对话框



图 10−53　调整加工坐标系方位

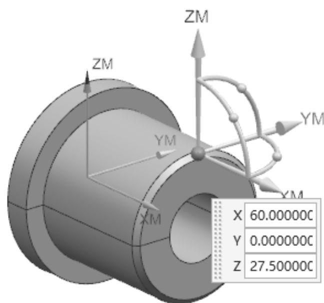


图 10−54　铣削加工坐标系

3）在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表中选择【平面】选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【平面】对话框。在图 10−55 所示的【平面】对话框中选择【XC−YC 平面】类型，在图形区选择图 10−56 所示的平面，在【距离】文本框中输入“50”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置，如图 10−56 所示。

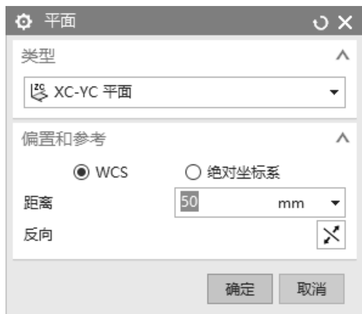


图 10−55　【平面】对话框

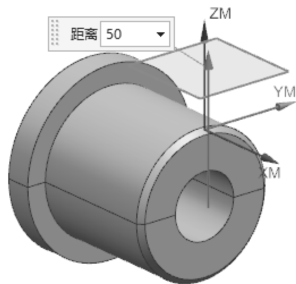


图 10−56　显示安全平面的位置

2．创建铣削加工几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_planar”，单击【WORKPIECE】图标，【位置】选项组的【几何体】选项为“MCS_MILL”，【名称】为“WORKPIECE_MILL”，如图 10−57 所示。单击【确定】按钮，系统弹出【工件】对话框，

如图 10–58 所示。



图 10–57 【创建几何体】对话框



图 10–58 【工件】对话框

2）单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 10–59 所示的图层 10 上的实体作为部件几何。依次单击【确定】按钮，完成几何定义。



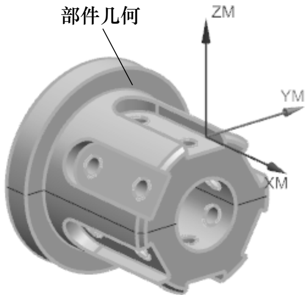


图 10–59 选择部件几何

3）单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框。选择在图层 5 上的毛坯作为实体，如图 10–60 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



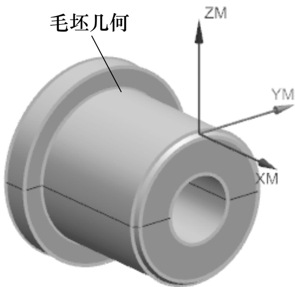


图 10–60 选择毛坯几何

3．创建铣削刀具

单击【导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

1）创建直径为 D6 的立铣刀，具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D6”，如图 10-61 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀 5-参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框中【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.0000”，【刀具号】为“6”，其他参数接受默认设置，如图 10-62 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 10-61　【创建刀具】对话框

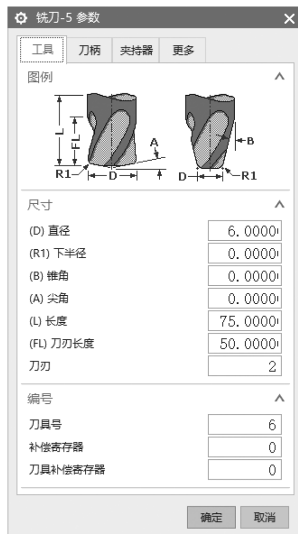


图 10-62　【铣刀-5 参数】对话框

2）创建钻头，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表中选择“drill”，【刀具子类型】选择【DRILLING_TOOL】图标，在【名称】文本框中输入“Z6.8”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【钻刀】对话框，如图 10-63 所示。

② 在【钻刀】对话框【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.8000”，【刀具号】为“7”，其他参数接受默认设置，如图 10-64 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 10-63　【创建刀具】对话框

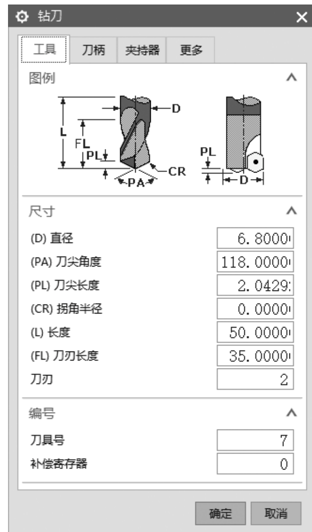


图 10-64　【钻刀】对话框

3）创建丝锥，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表中选择“drill”，【刀具子类型】选择【TAP】图标，在【名称】文本框中输入“T8”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【钻刀】对话框，如图 10−65 所示。

② 在【钻刀】对话框【尺寸】选项组中设定【直径】为“8.0000”，【螺距】为“1.2500”，【刀具号】为“8”，其他参数接受默认设置，如图 10−66 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 10−65 【创建刀具】对话框

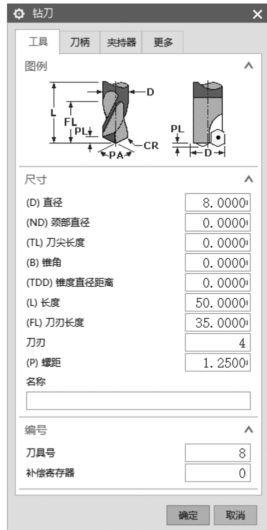


图 10−66 【钻刀】对话框

4．创建平面铣加工

单击【工序导航器】工具栏上【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 1 行第 5 个图标（PLANAR_MILL），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D6”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“PLANAR_MILL”，如图 10−67 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【平面铣】对话框，如图 10−68 所示。



图 10−67 【创建工序】对话框



图 10−68 【平面铣】对话框

2）创建平面铣几何，具体操作步骤如下：

① 在【几何体】选项组中，单击【指定部件】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【边界几何体】对话框，设【模式】为“面”，【材料侧】为“外部”，其他相关参数如图 10-69 所示。

② 在图形区依次选择图 10-70 所示的键槽草图边界曲线作为部件边界几何。然后依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 10-69 【边界几何体】对话框

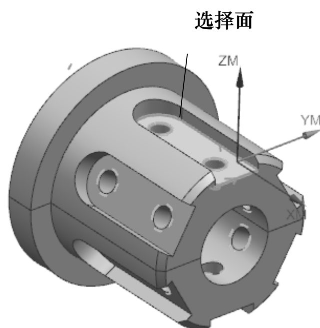


图 10-70　选择边界几何

③ 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【编辑边界】对话框，在【平面】选项选择“用户指定”，弹出【刨】对话框，在【刨】对话框中选择“自动判断”类型，在图形区选择图 10-71 所示的平面，在【距离】文本框中输入“5.5”，依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。

④ 在【几何体】选项组中，单击【指定底面】后的【选择或编辑底平面几何体】按钮，弹出【刨】对话框，然后选择如图 10-72 所示的平面作为底面，单击【确定】按钮返回【平面铣】对话框。



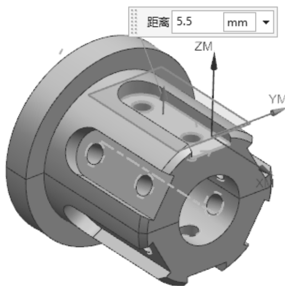


图 10-71　设置边界所在平面位置

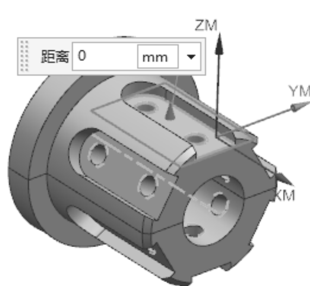


图 10-72　选择底面

(注意) 底面是一个垂直于刀具轴的平面，它用于指定平面铣的最低高度，定义底平面后，其余切削平面平行于底平面而产生。

3）选择切削模式和设置切削用量。在【平面铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 10-73 所示。

① 选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

② 设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平均直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

③ 设定切削深度：单击【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，选择【类型】为“恒定”选项，【每刀切削深度】选项组的【公共】为“2.0000”，其他参数如图 10-74 所示。单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 10-73 选择切削模式和设置切削用量



图 10-74 【切削层】对话框

4）设置切削参数。在【平面铣】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设【切削】选项组的【切削方向】为“顺铣”，【切削顺序】为“层优先”，其他接受默认设置，如图 10-75 所示。

②【余量】选项卡：设置所有余量为 0.0000，其他接受默认设置，如图 10-76 所示。



图 10-75 【策略】选项卡



图 10-76 【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，【切削】速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 10-77 所示。

6）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【平面铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在操作对话框下生成刀具路径，如图 10-78 所示。

② 单击【平面铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 10−78 所示。



图 10−77　【进给率和速度】对话框

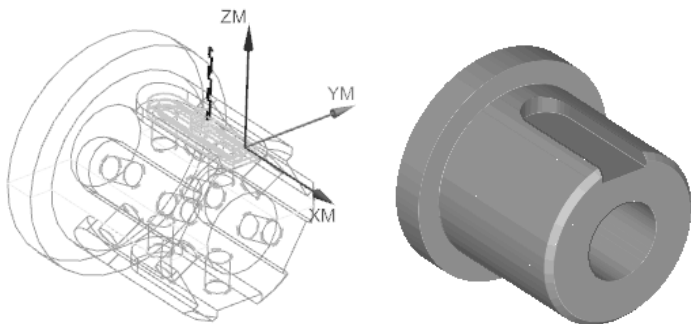


图 10−78　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

5．创建钻孔加工

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“drill”，【工序子类型】选择第 1 行第 3 个图标（DRILLING），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“Z6.8”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“DRILLING”，如图 10−79 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【钻孔】对话框，如图 10−80 所示。



图 10−79　【创建工序】对话框



图 10−80　【钻孔】对话框

2）创建加工几何，具体步骤如下：

① 选择加工点。单击【几何体】选项组中【指定孔】选项后的【选择或编辑孔几何体】按钮，

弹出【点到点几何体】对话框，如图 10−81 所示。单击【选择】按钮，弹出选择加工位置对话框。依次在图形区选择图 10−82 所示的 2 个孔。依次单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框。



图 10−81 【点到点几何体】对话框

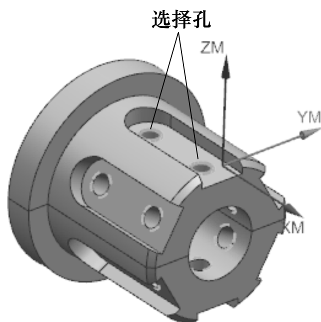


图 10−82 选择钻孔位置

② 指定顶面。单击【几何体】选项组中【指定顶面】选项后的【选择或编辑部件表面几何体】按钮，弹出【顶面】对话框。在【顶面选项】中选择“面”，在图形区选择图 10−83 所示的平面，单击【确定】按钮。



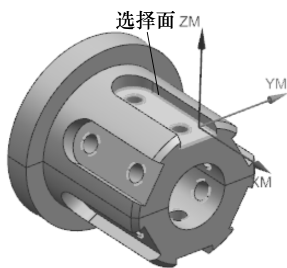


图 10−83 设置顶面

3）选择循环类型和循环参数，具体操作步骤如下：

① 在【循环类型】选项组中的【循环】下拉列表框中选择【标准钻】，弹出【指定参数组】对话框，在【Number of Sets】文本框中输入“1”，如图 10−84 所示。然后单击【确定】按钮。

② 系统弹出【Cycle 参数】对话框，如图 10−85 所示。单击【Depth−模型深度】按钮，弹出【Cycle 深度】对话框，单击【模型深度】按钮，如图 10−86 所示。

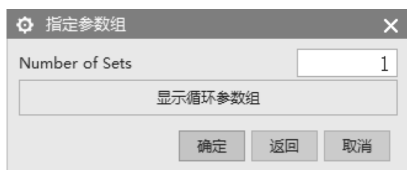


图 10−84 【指定参数组】对话框



图 10−85 【Cycle 参数】对话框

③ 单击【Rtrcto-无】按钮，弹出如图 10−87 所示的对话框，单击【自动】按钮，然后单击【确定】

按钮返回。



图 10-86 【Cycle 深度】对话框



图 10-87　指定退刀距离

注意 退刀距离是指部件表面沿刀轴方向到退刀点的距离，“自动”选项是系统自动确定退刀距离。

④ 在【最小安全距离】文本框中输入“3.0000”，如图 10-88 所示。

注意 最小安全距离定义了每个工序安全点。通常，在该点处刀具运动从“快速进给率”或“进刀进给率”变为“切削进给率”。

4）设置深度偏置。在【深度偏置】选项组中设置【通孔安全距离】为“1.5000”，【盲孔余量】为“0.0000”，如图 10-88 所示。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴转速】为“300.0000”，【切削】速度为“50.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 10-89 所示。



图 10-88　深度偏置设定



图 10-89 【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【钻孔】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10-90 所示。

② 单击【钻孔】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 10-90 所示。

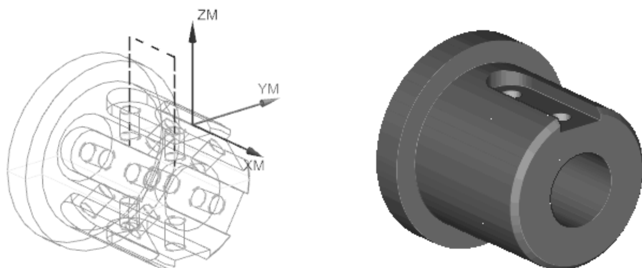


图 10-90　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【钻孔】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

6．创建攻丝加工

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“drill”，【工序子类型】选择第 2 行第 4 个图标（TAPPING），【位置】选项组中的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“T8”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“TAPPING”，如图 10−91 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【攻丝】对话框，如图 10−92 所示。



图 10−91 【创建工序】对话框



图 10−92 【攻丝】对话框

2）创建加工几何，具体步骤如下：

① 选择加工点。单击【几何体】选项组中【指定孔】选项后的【选择或编辑孔几何体】按钮，弹出【点到点几何体】对话框，如图 10−93 所示。单击【选择】按钮，弹出选择加工位置对话框。依次在图形区选择图 10−94 所示的 2 个孔。依次单击【确定】按钮，返回【攻丝】对话框。



图 10−93 【点到点几何体】对话框

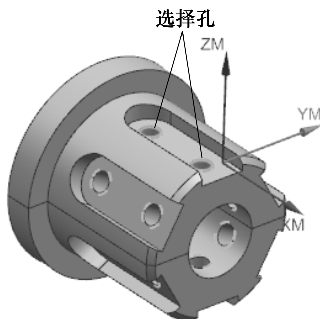


图 10−94 选择钻孔位置

② 指定顶面。单击【几何体】选项组中【指定顶面】选项后的【选择或编辑部件表面几何体】按钮，弹出【顶面】对话框。在【顶面选项】中选择“面”，在图形区选择图 10−95 所示的平面，单击【确定】按钮。

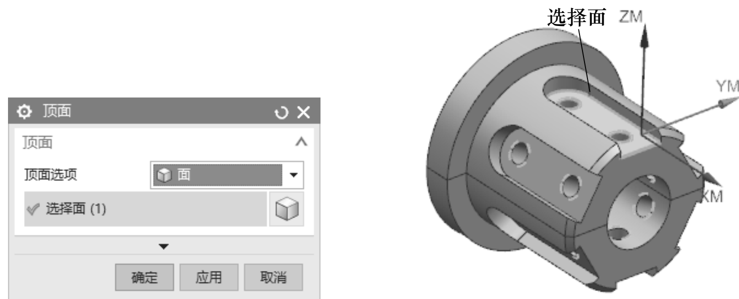


图 10−95　设置顶面

3）选择循环类型和循环参数，具体操作步骤如下：

① 在【循环类型】选项组中的【循环】下拉列表框中选择“标准钻”，弹出【指定参数组】对话框，在【Number of Sets】文本框中输入“1”，如图 10−96 所示。然后单击【确定】按钮。

② 系统弹出【Cycle 参数】对话框，如图 10−97 所示。单击【Depth−模型深度】按钮，弹出【Cycle 深度】对话框，单击【模型深度】按钮，如图 10−98 所示。

③ 单击【Rtrcto-无】按钮，弹出如图 10−99 所示的对话框，单击【自动】按钮，然后单击【确定】按钮返回。

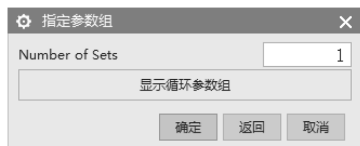


图 10−96　【指定参数组】对话框



图 10−97　【Cycle 参数】对话框



图 10−98　【Cycle 深度】对话框



图 10−99　指定退刀距离

④ 在【最小安全距离】文本框中输入“3.0000”。

4）设置深度偏置。在【深度偏置】选项组中设置【通孔安全距离】为“2.0000”，【盲孔余量】为“1.0000”，如图 10−100 所示。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“50.0000”，【切削】速度为“1.2500”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 10−101 所示。



图 10-100　深度偏置设定



图 10-101　【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【攻丝】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10-102 所示。

② 单击【攻丝】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 10-102 所示。

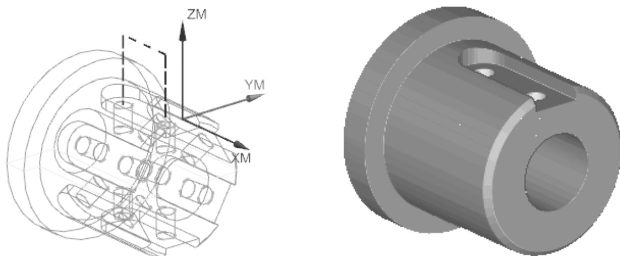


图 10-102　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【攻丝】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

7．刀轨变换

1）在【工序导航器】窗口中选中“MCS_MILL”下的所有的加工操作，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 10-103 所示。

2）在弹出的【变换】对话框中选择“绕直线旋转”类型，在【变换参数】选项组中选择【直线方法】为“点和矢量”，【指定点】为（0，0，0），【指定矢量】为“XC”，在【结果】选项组中选择“实例”，【距离/分割角度】为“6”，【实例数】为“5”，如图 10-104 所示。

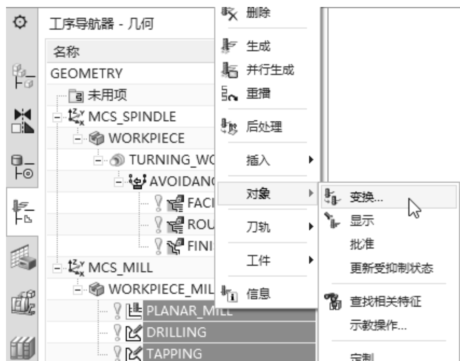


图 10-103　菜单快捷命令

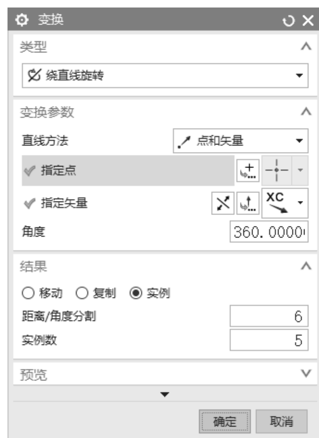


图 10-104　【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 10-105 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【工序】工具栏上的【确认刀轨】按钮，可验证所设置的刀轨，如图 10-106 所示。

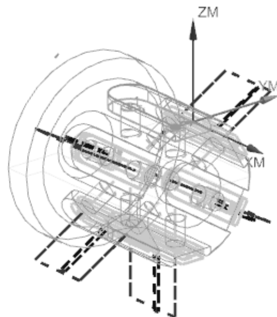


图 10-105　旋转复制的切削刀具路径

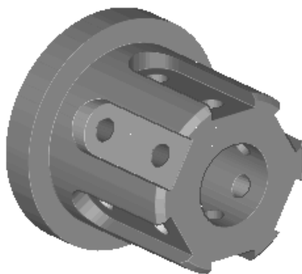


图 10-106　刀具路径切削验证

10.3.4 创建切断工序

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”,【工序子类型】选择第 3 行第 3 个图标（PARTOFF），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”,【刀具】选择“OD_GROOVE_L”,【几何体】选择“AVOIDANCE”,【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“PARTOFF”，如图 10-107 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【部件分离】对话框，如图 10-108 所示。

2）在【切削策略】选项组中选择“部件分离”走刀方式，如图 10-108 所示。

3）在【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“0.0000”,【方向】为“前进”；选择【部件分离位置】为“自动”,【深度】为“清理第一个壁”，如图 10-109 所示。



图 10-107　【创建工序】对话框



图 10-108　【部件分离】对话框



图 10-109　【刀轨设置】选项组

4）设置切削参数。在【部件分离】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设置【切削】选项组的【粗切削后驻留】为“转”,【转】为“1.0000”，如图 10-110 所示。

②【余量】选项卡：设置【粗加工余量】选项组的【面】为“0.0000”,【径向】为“0.0000”，如

图 10-111 所示。



图 10-110 【余量】选项卡



图 10-111 【策略】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“100.0000”，【切削】速度为“0.1000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 10-112 所示。

6）生成刀具路径并验证，具体步骤如下：

① 在【部件分离】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 10-113 所示。

② 单击【部件分离】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 10-113 所示。



图 10-112 【进给率和速度】对话框

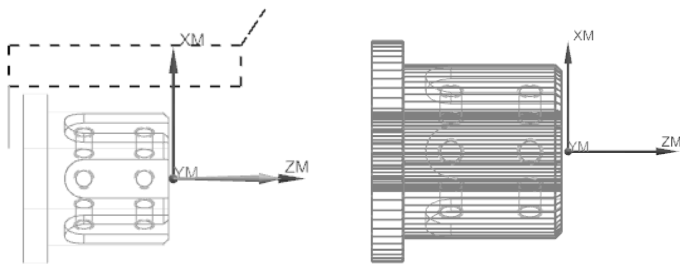


图 10-113 刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【部件分离】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切断加工工序。

8）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 10 章\安装套管完成.prt）。

10.4 实例小结

本节通过对安装套管的数控加工讲解了 UG NX 车铣复合加工的方法和一般流程。车铣复合加工一般分为两个阶段：首先进行车削加工，车削加工中的操作方法与 UG NX 车削加工的方法完全相同；然后进行铣削加工，铣削加工中的操作方法与 UG NX 铣削加工的方法也相同。需要注意的是要将铣削加工坐标系的位置调整到与铣主轴相同的位置，即要创建新的铣削加工坐标系。

第 11 章　车铣复合加工提高实例
——液压缸螺纹连接套数控加工

本例加工对象为液压缸螺纹连接套，它的外形结构如图 11-1 所示。通过此加工实例的学习，读者将掌握利用 UG NX 加工车铣复合平面和斜孔的操作方法和步骤。

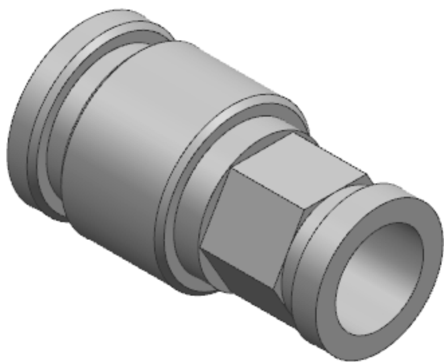


图 11-1　液压缸螺纹连接套

11.1　实例分析

11.1.1　实例整体分析

如图 11-1 所示，液压缸螺纹连接套为圆柱形结构，在圆柱面上均匀分布 6 个平面和 M32 的螺纹孔。由于车床一般只能加工回转体表面，难于加工平面和斜孔，所以要在车铣复合加工中心上完成加工。给定坯料为圆柱形管料，材料为 45 钢。

11.1.2　实例加工分析

由于车铣复合加工中心是典型的多主轴加工机床，根据零件特点安排如下加工步骤：

（1）车削加工　利用 UG NX 车削加工模块完成外圆表面的粗车、精车。通过选择实体方法建立部件几何，采用边界法建立毛坯几何。外圆粗加工采用 OD_80_L 车刀，精加工采用 OD_55_L 车刀。

（2）铣削加工　利用 UG NX 平面铣加工模块完成平面铣削。在加工之前要准备好铣削加工坐标系，因为在多轴加工中，每一个轴都要定义一个 MCS。

（3）刀轨旋转变换　利用刀轨旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域，简化操作创建，节省时间，提高效率。

11.2　加工流程与每步所用知识点

液压缸螺纹连接套零件数控加工具体的设计流程和知识点，见表 11-1。

表 11-1　液压缸螺纹连接套数控加工流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（turning）	
Step 2：定义车削加工坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置	
Step 3：设置车削几何	利用现有曲面、曲线建立车削几何	
Step 4：创建车削加工刀具	车削加工刀具可分为：标准车刀、槽刀、成形刀、螺纹刀等	
Step 5：创建外圆粗车、精车、切槽、螺纹	车外圆使零件直径达到图纸要求	

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 6：创建外圆粗车、精车、切槽、螺纹	车外圆使零件直径达到图纸要求	
Step 7：创建铣削加工坐标系	创建铣削加工坐标系，以调整铣削主轴的位置	
Step 8：创建铣削几何	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 9：创建铣削刀具	创建加工所需的加工刀具	
Step 10：创建平面铣工序	平面铣是一种 2.5 轴的加工方式，它在加工过程中产生水平方向 *XY* 的 2 轴联动，而 *Z* 轴方向只在完成一层加工后进入下一层时才作单独的动作，从而完成整个零件的加工	
Step 11：刀具旋转复制	利用刀轨旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域	
Step 12：创建部件分离工序	将加工后的部件从坯料上分离切开	

11.3 具体的加工操作过程

11.3.1 初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“液压缸螺纹连接套.prt”（随书文件：\第 11 章\液压缸螺纹连接套.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 11−2 所示。

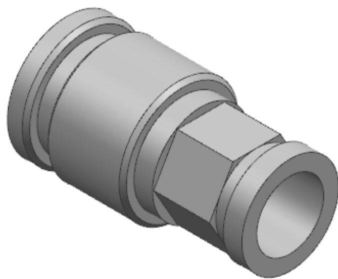


图 11−2 打开的模型文件

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“turning”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 11−3 所示。

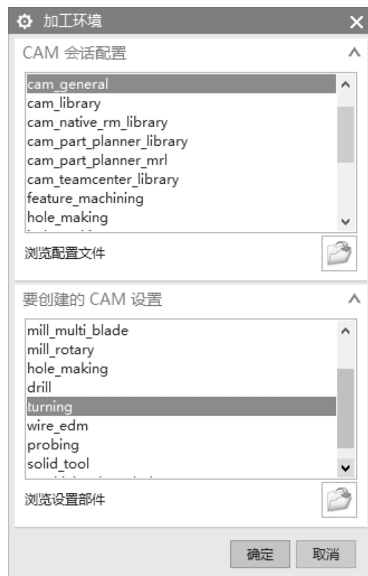


图 11−3 【加工环境】对话框

11.3.2 车削加工

1．创建车削加工坐标系

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）双击【工序导航器】窗口中的【MCS_SPINDLE】图标 MCS_SPINDLE，弹出【MCS 主轴】对话框，如图 11−4 所示。



图 11-4 【MCS 主轴】对话框

2）在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形区的坐标框中输入（0，0，0），如图 11-5 所示。单击【确定】按钮返回上一对话框。

3）在【车床工作平面】选项组的【指定平面】选项的下拉列表框中选择“ZM-XM”，设置 *XC* 轴为机床主轴，单击【确定】按钮，完成加工坐标系设置，如图 11-6 所示。



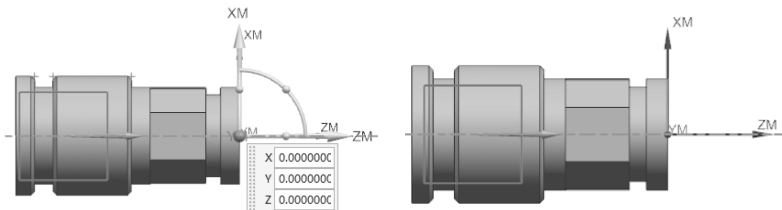
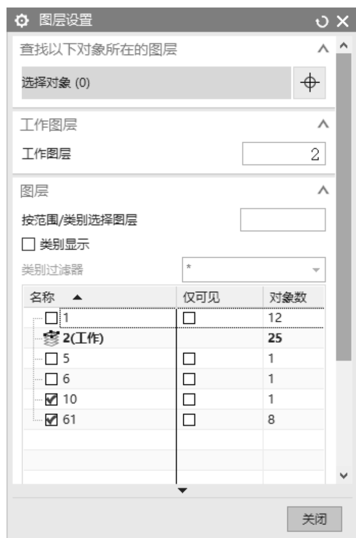


图 11-5　移动坐标系　　　　图 11-6　设置的加工坐标系

2．创建车削加工几何

1）打开菜单【格式】，单击【图层设置】命令，弹出【图层设置】对话框，隐藏图层 5，打开图层 10，如图 11-7 所示。单击【确定】按钮完成。



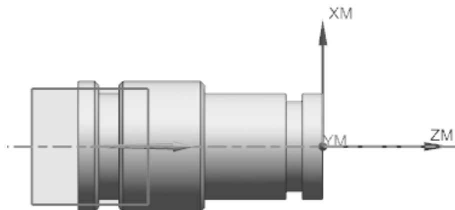


图 11-7　图层设置

2）创建部件几何。在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 11-8

所示。单击【几何体】选项中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。在图形区选择所有实体，如图 11-9 所示。依次单击【确定】按钮完成部件几何的创建。

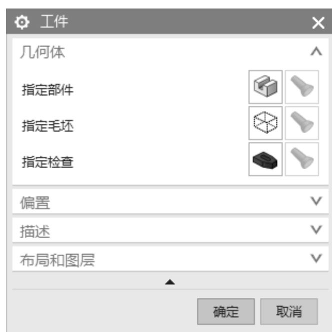


图 11-8 【工件】对话框

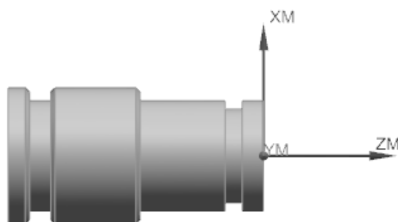


图 11-9 选择部件几何

3）指定毛坯边界。具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【TURNING_WORKPIECE】图标 TURNING_WORKPIECE，弹出【车削工件】对话框，如图 11-10 所示。

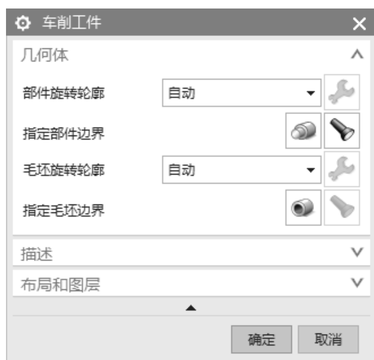


图 11-10 【车削工件】对话框

② 单击【车削工件】对话框的【几何体】选项组中【指定毛坯边界】选项后的【选择或编辑毛坯边界】按钮，弹出【毛坯边界】对话框，设置相关参数如图 11-11 所示。



图 11-11 【毛坯边界】对话框

③ 单击【指定点】后的【点对话框】按钮，设置安装位置为坐标原点（-80.00000000，0.000000000，0.000000000）。依次单击【确定】按钮，完成毛坯边界设置，如图 11-12 所示。



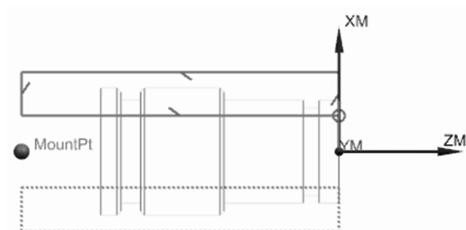


图 11-12　定义的毛坯边界

3．创建避让几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。【类型】选择“turning”，【几何体子类型】为【AVOIDANCE】图标，【位置】选项组中的【几何体】为“TURNING_WORKPIECE”，【名称】为“AVOIDANCE”，如图 11-13 所示。单击【确定】按钮，弹出【避让】对话框，如图 11-14 所示。



图 11-13　【创建几何体】对话框

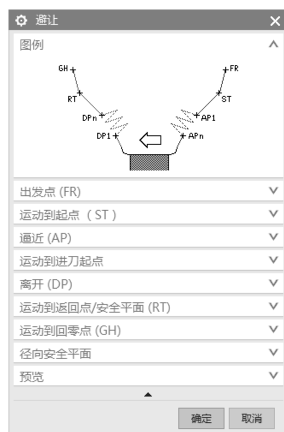


图 11-14　【避让】对话框

2）设置出发点。在【出发点】选项组选择【点选项】为“指定”，然后单击【点构造器】按钮，并在弹出的点构造器中输入坐标为（30，50，0），如图 11-15 所示。单击【确定】按钮返回。



图 11-15　设置出发点

3）设置起点。设置【运动到起点】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】为“点”，单击【点构造器】按钮，并在弹出的点构造器中输入坐标（15，30，0.000000000），如图 11-16 所示。单击【确定】按钮返回完成设置，如图 11-17 所示。

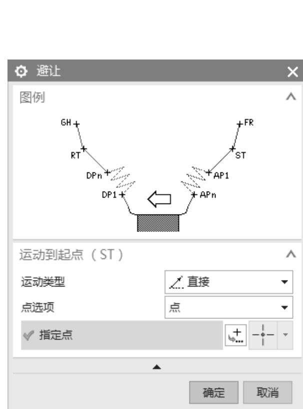




图 11-16　设置起点和运动类型

图 11-17　完成设置起点

4）设置进刀起点。设置【运动到进刀起点】的【运动类型】为“径向→轴向”，如图 11-18 所示。

5）设置【运动到返回点/安全平面（RT）】选项组的【运动类型】为“径向→轴向”，【运动到回零点（GH）】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】为“与起点相同”，如图 11-19 所示。



图 11-18　设置进刀起点

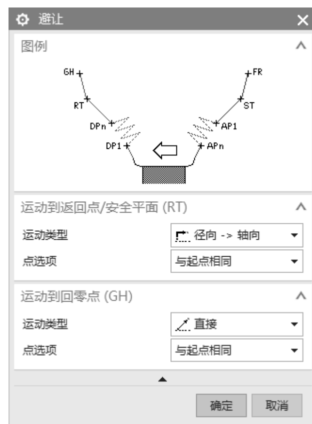


图 11-19　设置返回点和回零点

4．创建车削刀具

单击【工序导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。创建端面车刀，具体操作步骤如下：

1）创建外圆粗加工车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_80_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_80_L_FACE”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【车刀-标准】对话框【工具】选项卡中设定【刀尖半径】为“0.1000”，【方向角度】为“5.0000”，【长度】为“15.0000”，【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 11-21 所示。



图 11-20　【创建刀具】对话框

③ 在【夹持器】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“L 样式”，设置其他参数如图 11-22 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

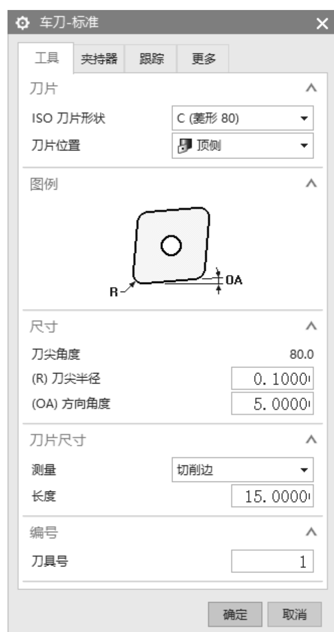


图 11-21　【工具】选项卡

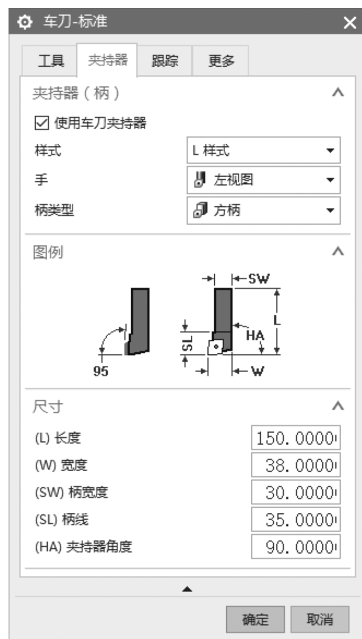


图 11-22　【夹持器】选项卡

2）创建外圆精加工车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_55_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_55_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设定【刀尖半径】为“0.1000”,【方向角度】为“17.5000”,【长度】为“15.0000”,【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 11-23 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“Q 样式”，设置其他参数如图 11-24 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

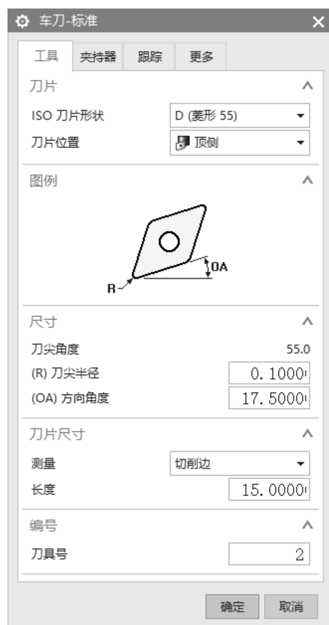


图 11-23　【工具】选项卡

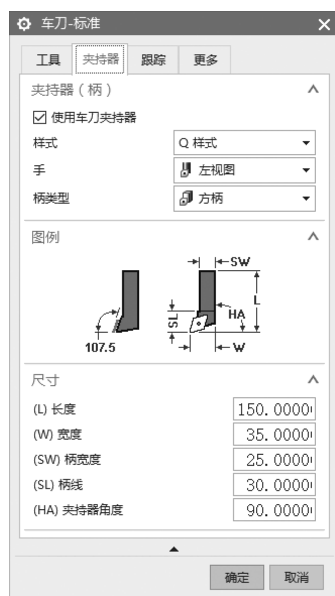


图 11-24　【夹持器】选项卡

3）创建切槽刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择“OD_GROOVE_L”图标，在【名称】文本框中输入“OD_GROOVE_L”，单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【槽刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡【尺寸】选项组中设定【刀片宽度】为“4.0000”，【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 11−25 所示。

③ 在【夹持器】选项卡【夹持器（柄）】选项组中选择【样式】为“0 度”，设置其他参数如图 11−26 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

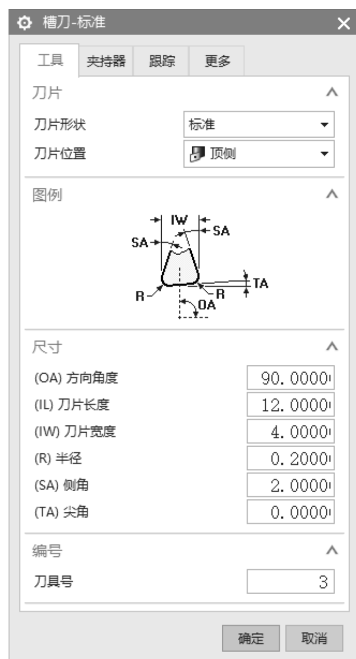


图 11−25 【工具】选项卡

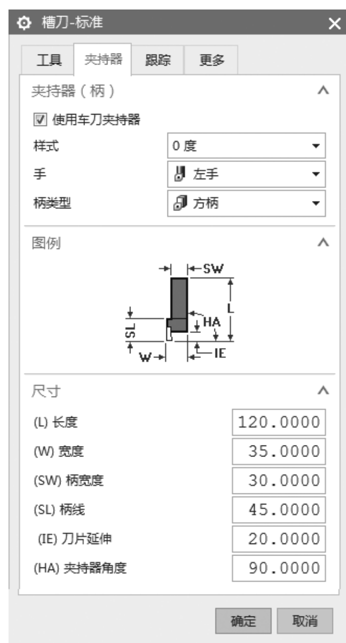


图 11−26 【夹持器】选项卡

4）创建螺纹车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_THREAD_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_THREAD_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【螺纹刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设置参数，【刀具号】为“4”，如图 11−27 所示。

③ 在【跟踪】选项卡中选择【P 值】为“点编号”，设置其他参数如图 11−28 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

5．创建外圆粗车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 2 个图标（ROUGH_TURN_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_80_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“ROUGH_TURN_OD”，如图 11−29 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径粗车】对话框，如图 11−30 所示。

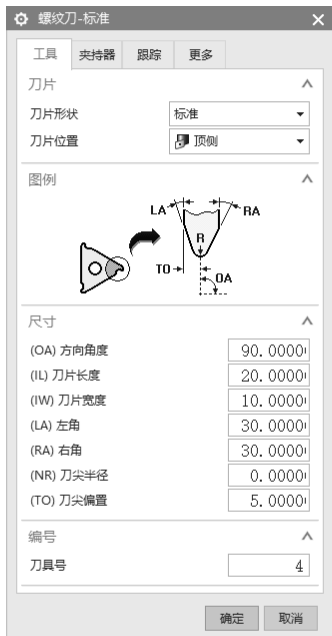


图 11-27　【工具】选项卡

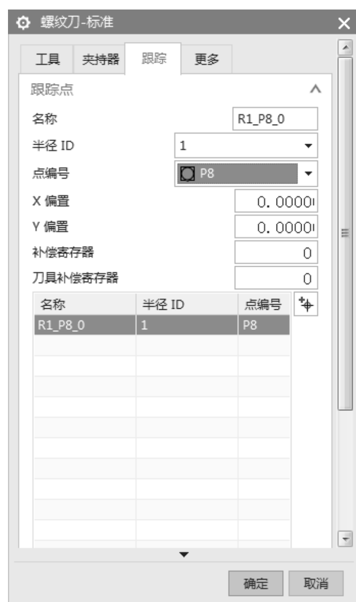


图 11-28　【跟踪】选项卡



图 11-29　【创建工序】对话框



图 11-30　【外径粗车】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择“单向线性切削”走刀方式，如图 11-30 所示。

3）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。在【轴向修剪平面 1】选项组的【限制选项】下拉列表框中选择“点”，利用【点】对话框设置（−70，20，0），如图 11-31 所示。

4）在【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”；【步进】选项组中选择【切削深度】为“变量平均值”，【最大值】为“2.0000”；选择【变换模式】为“省略”，【清理】为“全部”，如图 11-32 所示。



图 11-31　修剪平面设置



图 11-32 【刀轨设置】选项

5）设置切削参数。在【外径粗车】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：取消【允许底切】复选框，其他接受默认设置，如图 11-33 所示。

②【余量】选项卡：【粗加工余量】选项组中设置【面】为“0.5000”，【径向】为“0.7000”，如图 11-34 所示。



图 11-33 【策略】选项卡



图 11-34 【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

6）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“6000.000”，切削速度为“0.5000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 11-35 所示。



图 11-35　【进给率和速度】对话框

7）生成刀具路径并验证，具体步骤如下：

① 在【外径粗车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-36 所示。

② 单击【外径粗车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 11-36 所示。

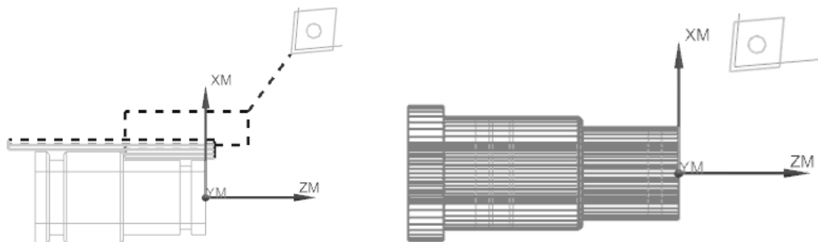


图 11-36　刀具路径和实体切削验证

8）单击【确定】按钮，返回【外径粗车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成粗车加工工序。

6．创建外圆精车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 6 个图标（FINISH_TURN_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_55_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_FINISH”，在【名称】文本框中输入“FINISH_TURN_OD”，如图 11-37 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径精车】对话框，如图 11-38 所示。



图 11-37　【创建工序】对话框



图 11-38　【外径精车】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择“全部精加工”走刀方式，如图 11−38 所示。

3）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。在【轴向修剪平面 1】选项组的【限制选项】下拉列表中选择“点”，利用【点】对话框设置坐标（−70，20，0），如图 11−39 所示。



图 11−39 修剪平面设置

4）在【外径精车】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”，其他参数如图 11−40 所示。



图 11−40 【刀轨设置】选项

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1000.000”，【切削】速度为“1.00000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他参数接受默认设置，如图 11−41 所示。



图 11−41 【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证。

① 在【外径精车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-42 所示。

② 单击【外径精车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 11-42 所示。

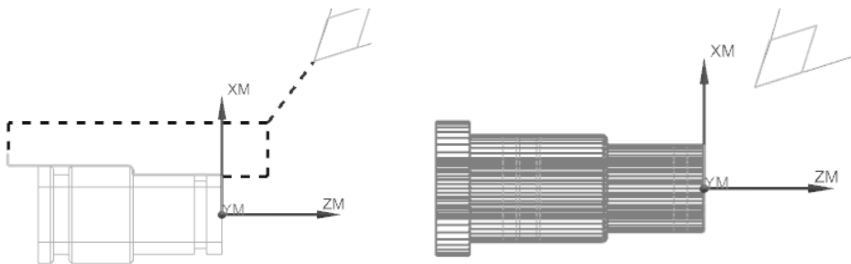


图 11-42　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【外径精车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成精车加工工序。

7．创建车槽加工一

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 3 行第 4 个图标（GROOVE_OD)，【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“GROOVE_OD”，如图 11-43 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径开槽】对话框，如图 11-44 所示。



图 11-43　【创建工序】对话框



图 11-44　【外径开槽】对话框

2）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。

① 在【轴向修剪平面 1】选项组的【限制选项】下拉列表框中选择“距离”，并在【轴向 ZM/XM】中输入数值为“−5.0000”，其他修剪平面不设置，如图 11−45 所示。

② 在【轴向修剪平面 2】选项组的【限制选项】下拉列表框中选择“距离”，并在【轴向 ZM/XM】中输入数值为“−9.0000”，其他修剪平面不设置，如图 11−45 所示。

③ 在【区域选择】选项组选择【区域序列】为“单个”，单击【确定】按钮确认。

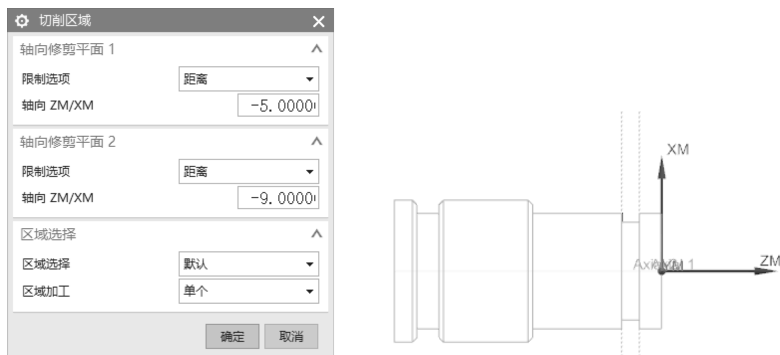


图 11−45　修剪平面设置

3）设置切削策略和刀轨设置。在【外径开槽】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”；【步进】选项组中选择【步距】为“恒定”，【距离】为“2.0000”；【清理】为“仅向下”，如图 11−46 所示。



图 11−46　【刀轨设置】选项

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，切削速度为“0.2000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 11−47 所示。



图 11−47　【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证

① 在【外径开槽】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11–48 所示。

② 单击【外径开槽】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 11–48 所示。

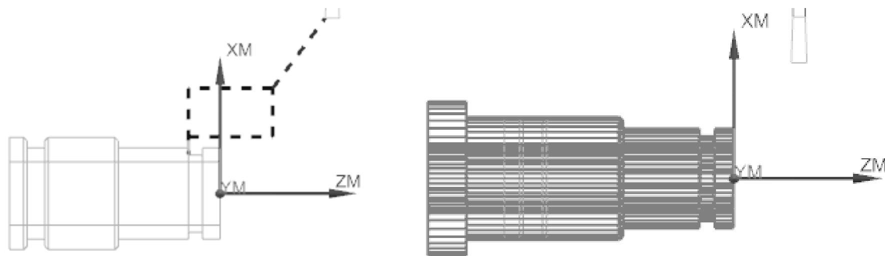


图 11–48　刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径开槽】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切槽加工工序。

8．创建车槽加工二

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 3 行第 4 个图标（GROOVE_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“GROOVE_OD_1”，如图 11–49 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径开槽】对话框，如图 11–50 所示。



图 11–49　【创建工序】对话框



图 11–50　【外径开槽】对话框

2）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。

① 在【修剪点 1】选项组【点选项】的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 11–51 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。

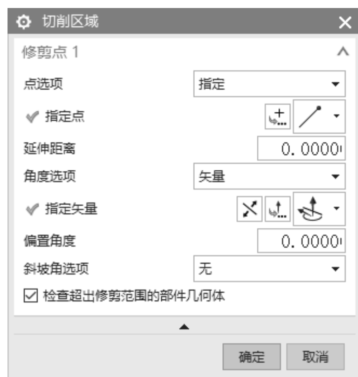


图 11-51　修剪点 1 设置

② 在【修剪点 2】选项组【点选项】的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 11-52 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。



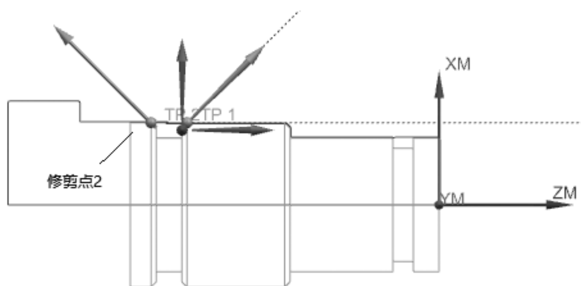


图 11-52　修剪点 2 设置

3）设置切削策略和刀轨设置。在【外径开槽】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“1800.0000”，【方向】为“前进”；【步进】选项组选择【步距】为“恒定”，【距离】为“2.0000”；【清理】为“仅向下”，如图 11-53 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，【切削】速度为“0.2000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 11-54 所示。



图 11-53　【刀轨设置】选项



图 11-54　【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证

① 在【外径开槽】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-55 所示。

② 单击【外径开槽】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 11-55 所示。

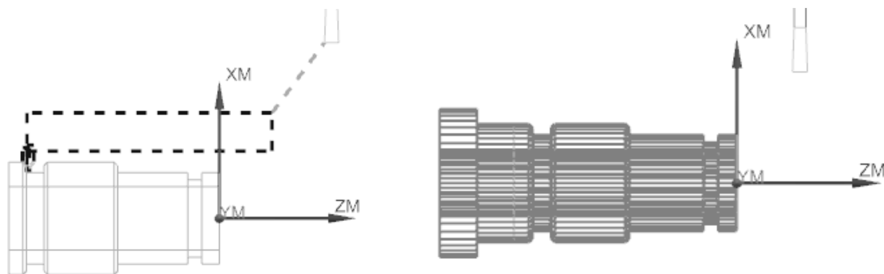


图 11-55　刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径开槽】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切槽加工工序。

9．创建螺纹车削加工

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”,【工序子类型】选择第 4 行第 1 个图标（THREAD_OD),【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”,【刀具】选择“OD_THREAD_L”,【几何体】选择“AVOIDANCE”,【方法】选择“LATHE_THREAD”，在【名称】文本框中输入“THREAD_OD”，如图 11-56 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径螺纹加工】对话框，如图 11-57 所示。



图 11-56 【创建工序】对话框



图 11-57 【螺纹 OD】对话框

2）设置螺纹形状

① 单击【选择顶线（1）】后的按钮，然后在图形区选择如图 11-58 所示的顶线。

② 设置【深度选项】为“深度和角度”，设置【偏置】选项组，并设定相关参数如图 11-59 所示。

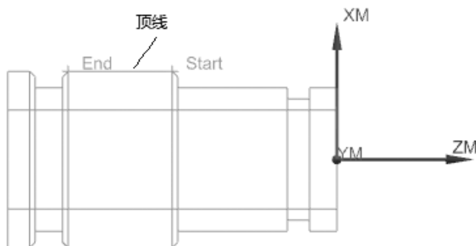


图 11-58 选择顶线

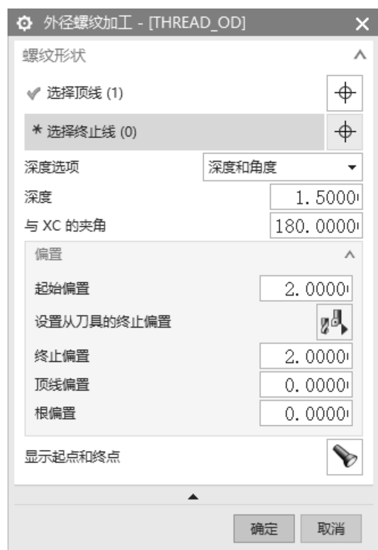


图 11-59 设置螺纹形状参数

（注意）【深度和角度】是通过输入深度和角度值来计算螺纹深度。从 XC 的角度用于产生锥螺纹（管螺纹），通常指刀具加工的方向。

3）设置切削参数：在【外径螺纹加工】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：【螺纹头数】为“1”，接受默认设置，如图 11-60 所示。

②【螺距】选项卡：【螺距变化】为“恒定”，【距离】为“2.0000”，如图 11-61 所示。

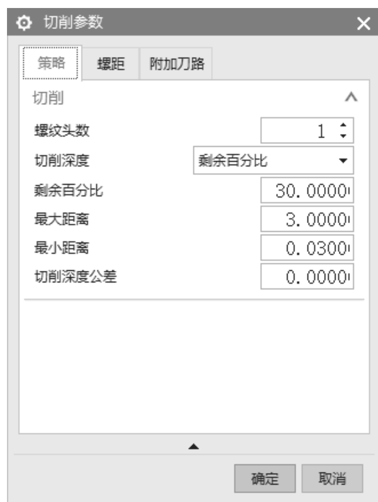


图 11-60 【策略】选项卡



图 11-61 【螺距】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

4）设置进给参数：单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“100.0000”，其他接受默认设置，如图 11-62 所示。



图 11-62 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证：在【外径螺纹加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-63 所示。

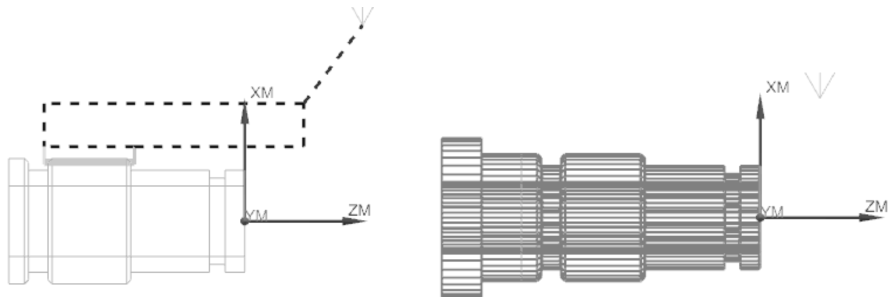


图 11-63　刀具路径

6）单击【确定】按钮，返回【外径螺纹加工】对话框，然后单击【确定】按钮，完成螺纹车加工工序。

11.3.3　铣削加工

1．创建铣削加工坐标系

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_planar”，单击【MCS】图标，【名称】为“MCS_MILL”然后单击【确定】按钮，如图 11-64 所示。



图 11-64 【创建几何体】对话框

2）系统弹出【MCS】对话框，如图 11-65 所示。在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS】按钮，弹出【CSYS】对话框，选择【动态】类型，在图形中输入坐标（0，0，13）。单击【确定】

按钮，调整加工坐标系方位如图 11−66、图 11−67 所示。返回【MCS】对话框。

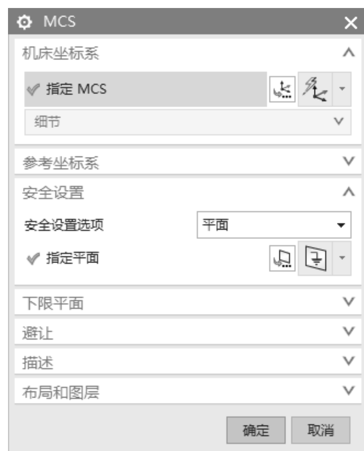


图 11−65 【MCS】对话框



图 11−66 调整加工坐标系方位

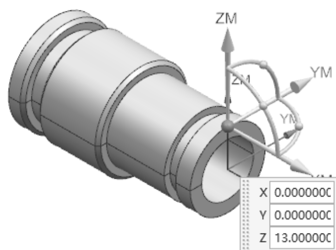


图 11−67 铣削加工坐标系

3）在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择【平面】选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【平面】对话框。在如图 11−68 所示的【平面】对话框中选择【XC−YC 平面】类型，在图形区选择如图 11−69 所示的平面，在【距离】文本框中输入“30”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置。

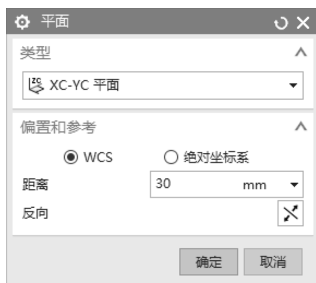


图 11−68 【平面】对话框

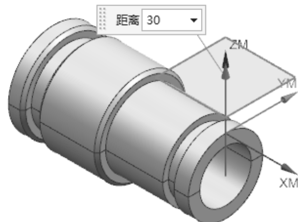


图 11−69 显示安全平面的位置

2．创建铣削加工几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_planar”，单击【WORKPIECE】图标，选择【位置】的【几何体】为“MCS_MILL”，【名称】为“WORKPIECE_MILL”，如图 11−70 所示。单击【确定】按钮，系统弹出【工件】对话框，如图 11−71 所示。



图 11−70 【创建几何体】对话框

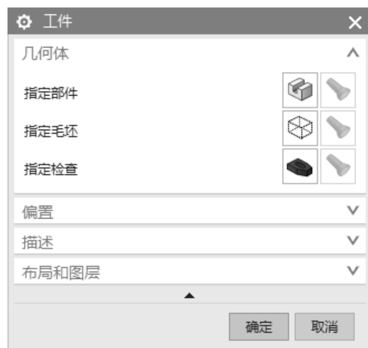


图 11−71 【工件】对话框

2）单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择如图 11−72 所示的图层 5 上的实体作为部件几何。依次单击【确定】按钮，完成几何定义。



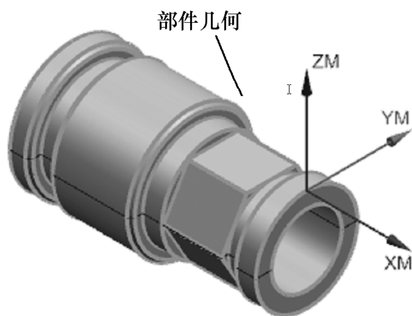
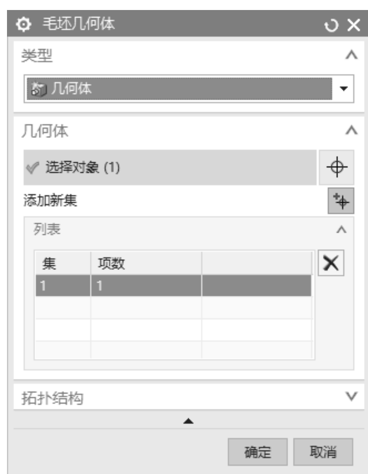


图 11−72　选择部件几何

3）单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框。选择在图层 10 上的毛坯作为实体，如图 11−73 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



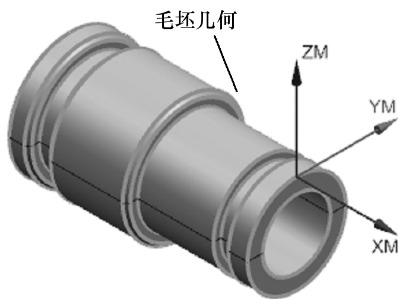


图 11−73　选择毛坯几何

3．创建铣削刀具

单击【工序导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

创建直径为 D6 的立铣刀，具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”,【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D6”，如图 11−74 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.0000”，其他参数接受默认设置，如图 11−75 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

4．创建平面铣加工

单击【工序导航器】工具栏上【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 1 行第 4 个图标（PLANAR_MILL），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D6”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“PLANAR_MILL”，如图 11−76 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【平面铣】对话框，如图 11−77 所示。



图 11−74 【创建刀具】对话框

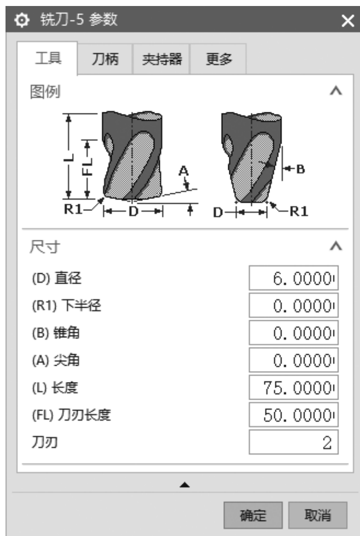


图 11−75 【铣刀-5 参数】对话框



图 11−76 【创建工序】对话框



图 11−77 【平面铣】对话框

2）创建平面铣几何，具体操作步骤如下：

① 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【边界几何体】对话框，设【模式】为“面”，【材料侧】为“外部”，其他相关参数如图 11−78 所示。

② 在图形区依次选择图 11−79 所示的在图层 6 上的曲面作为部件边界几何。然后依次单击【确定】

按钮，返回【平面铣】对话框。



图 11-78　【边界几何体】对话框

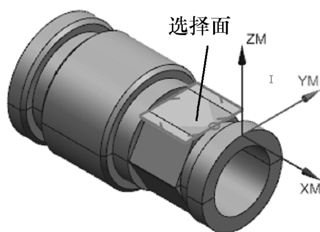
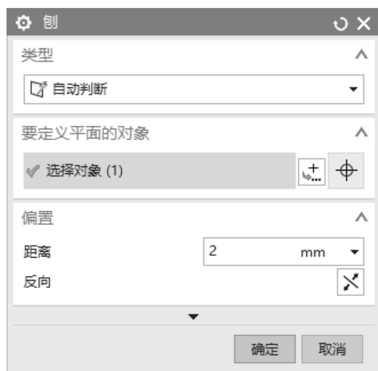


图 11-79　选择边界几何

③ 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【编辑边界】对话框，在【平面】选项选择“用户指定”，弹出【刨】对话框，在【刨】对话框中选择“自动判断”类型，在图形区选择图 11-80 所示的平面，在【距离】文本框中输入“2”，依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



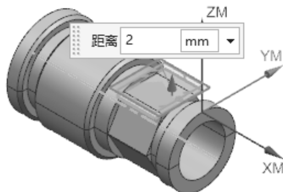


图 11-80　设置边界所在平面位置

④ 在【几何体】选项组中，单击【指定底面】后的【选择或编辑底平面几何体】按钮，弹出【刨】对话框，然后选择图 11-81 所示的平面作为底面，单击【确定】按钮返回【平面铣】对话框。

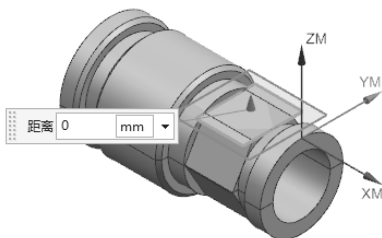


图 11-81　选择底面

3）选择切削模式和设置切削用量。在【平面铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 11-82 所示。



图 11-82　选择切削模式和设置切削用量

① 选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

② 设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平均直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

③ 设定切削深度：单击【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，选择【类型】为“恒定”选项，【每刀切削深度】选项组的【公共】为“1.0000”，其他参数如图 11-83 所示。单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 11-83　【切削层】对话框

4）设置切削参数。在【平面铣】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：在【切削】选项组中设【切削方向】为“顺铣”，【切削顺序】为“层优先”，其他接受默认设置，如图 11-84 所示。

②【余量】选项卡：设置所有余量为 0.0000，其他接受默认设置，如图 11-85 所示。



图 11-84　【策略】选项卡



图 11-85　【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，切削速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 11-86 所示。



图 11-86 【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【平面铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-87 所示。

② 单击【平面铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 11-87 所示。

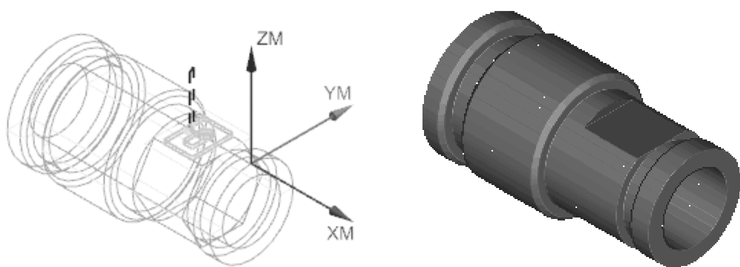


图 11-87　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

5．刀轨变换

1）在【工序导航器】窗口中选中 MCS_MILL 下的所有的加工工序，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 11-88 所示。

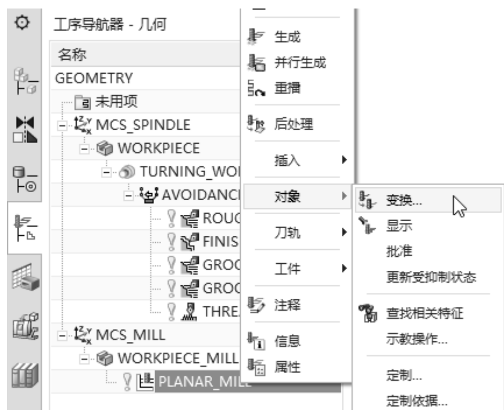


图 11-88　菜单快捷命令

2）在弹出的【变换】对话框中选择“绕直线旋转”类型，在【变换参数】选项组中选择【直线方法】为“点和矢量”，【指定点】为（0，0，0），【指定矢量】为“XC”，在【结果】选项中选择“实例”，【距离/角度分割】为“6”，【实例数】为“5”，如图 11-89 所示。

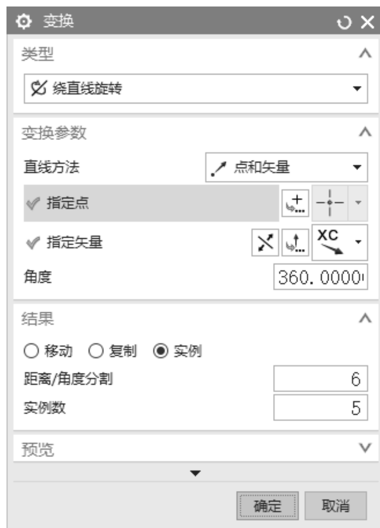


图 11-89 【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 11-90 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【工序】工具栏上的【确认刀轨】按钮，可验证所设置的刀轨，如图 11-91 所示。

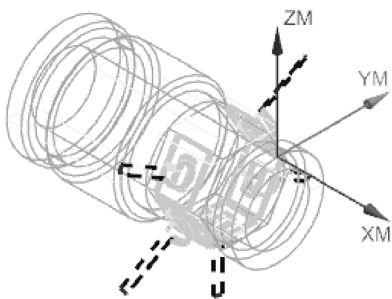


图 11-90 旋转复制的切削刀具路径

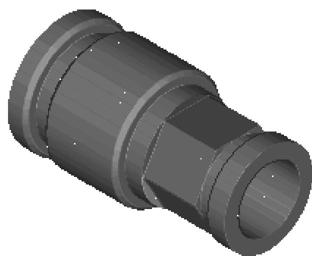


图 11-91 刀具路径切削验证

11.3.4 创建切断工序

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 4 行第 3 个图标（PARTOFF），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“PARTOFF”，如图 11-92 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【部件分离】对话框，如图 11-93 所示。

2）在【切削策略】选项组中选择“部件分离”走刀方式，如图 11-93 所示。

3）在【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“0.0000”，【方向】为“前进”；选择【部件分离位置】为“自动”，【深度】为“清理第一个壁”，如图 11-94 所示。


图 11-92 【创建工序】对话框


图 11-93 【部件分离】对话框


图 11-94 【刀轨设置】选项

4）设置切削参数。在【部件分离】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设置【切削】选项组的【粗切削后驻留】为“转”，【转】为“1.0000”，如图 11-95 所示。

②【余量】选项卡：设置【粗加工余量】选项组的【面】为“0.0000”，【径向】为“0.0000”，如图 11-96 所示。


图 11-95 【策略】选项卡


图 11-96 【余量】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“100.0000”，切削速度为“0.1000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 11-97 所示。

6）生成刀具路径并验证，具体步骤如下：

① 在【部件分离】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 11-98 所示。

② 单击【部件分离】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对

话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮▶，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 11−98 所示。



图 11−97 【进给率和速度】对话框

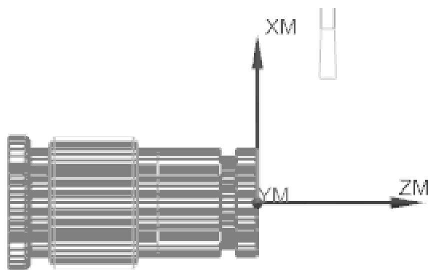


图 11−98 刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【部件分离】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切断加工工序。

8）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 11 章\液压缸螺纹连接套完成.prt）。

11.4 实例小结

本节通过液压缸螺纹连接套的加工讲解了 UG NX 车铣复合加工的应用流程。读者学习时需要注意下面几点：

1）车铣复合加工必须在车铣复合加工机床上完成，即必须在数控转塔车床或车削加工中心上装有铣削主轴。

2）在 UG NX 软件中对于每一根机床主轴要实现其加工功能，必须为它建立一个坐标系 MCS。在平面铣削加工中首先要建立铣削加工坐标系，将加工坐标系 ZM 调整到与铣削主轴方向一致。

12

第 12 章　车铣复合加工经典实例——铜凸轮阀座数控加工

本例加工对象为铜凸轮阀座，它的外形结构如图 12-1 所示。这个加工实例比较复杂，读者通过学习，将掌握利用 UG NX 加工复杂车铣零件的操作方法和经验技巧。

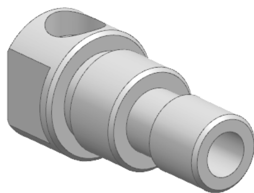


图 12-1　铜凸轮阀座（一）

12.1　实例分析

12.1.1　实例整体分析

如图 12-2 所示，铜凸轮阀座为圆柱形结构，在圆柱面上有一个通孔，外表面上有螺纹，内表面左端为螺纹。由于车床一般只能加工回转体表面，难于加工平面和斜孔，所以应在车铣复合加工中心上完成加工。给定坯料为圆柱形管料，材料为铜。

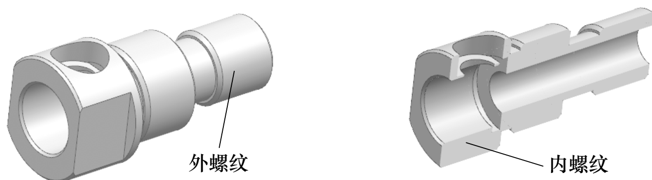


图 12-2　铜凸轮阀座（二）

12.1.2　实例加工分析

由于车铣复合加工中心是典型的多主轴加工机床，根据零件特点安排如下加工步骤：

（1）车削加工　利用 UG NX 车削加工模块完成外圆表面的粗车、精车、切槽，该零件右端的螺纹加工，然后掉头车削加工左端。通过选择实体方法建立部件几何，采用边界法建立毛坯几何。外圆粗加工采用 OD_80_L 车刀，精加工采用 OD_55_L 车刀。

（2）铣削加工　利用 UG NX 平面铣加工模块完成平面铣削。在加工之前要准备好铣削加工坐标系，因为在多轴加工中，每一个轴都要定义一个 MCS。

（3）刀轨旋转变换　利用刀轨旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域，简化操作创建，节省时间，提高效率。

12.2　加工流程与每步所用知识点

铜凸轮阀座零件数控加工具体的设计流程和知识点，见表 12-1 所示。

表 12-1　铜凸轮阀座零件数控加工具体的设计流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择可变轴曲面轮廓铣（turning）	
车削右端轮廓		
Step 2：定义车削加工坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置	
Step 3：设置车削几何	利用现有曲面、曲线建立车削几何	
Step 4：创建车削加工刀具	车削加工刀具可分为标准车刀、槽刀、成形刀、螺纹刀等	

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 5：创建外圆粗车、精车、切槽、螺纹	车外圆使零件直径达到图纸要求	
车削左端轮廓		
Step 6：定义车削加工坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置	

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 7：设置车削几何	利用现有曲面、曲线建立车削几何	XM MountPt YM ZM
Step 8：创建车削加工刀具	车削加工刀具可分为标准车刀、槽刀、成形刀、螺纹刀等	标准刀片 槽刀 螺纹刀
Step 9：创建内孔粗镗、精镗、切槽、螺纹	车内孔使零件直径达到图纸要求	ZM YM XM

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
	铣削加工	
Step 10：创建铣削加工坐标系	创建铣削加工坐标系，以调整铣削主轴的位置	
Step 11：创建铣削几何	创建几何是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工方位	
Step 12：创建铣削刀具	创建加工所需的加工刀具	
Step 13：创建孔铣、平面铣工序	平面铣是一种 2.5 轴的加工方式，它在加工过程中产生水平方向 *XY* 的 2 轴联动，而 *Z* 轴方向只在完成一层加工后进入下一层才作单独的动作，从而完成整个零件的加工	
Step 14：刀具镜像复制	利用刀轨镜像复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域	

12.3 具体的加工操作过程

12.3.1 初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“铜凸轮阀座.prt”（随书文件：\第 12 章\铜凸轮阀座.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 12-3 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“turning”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 12-4 所示。

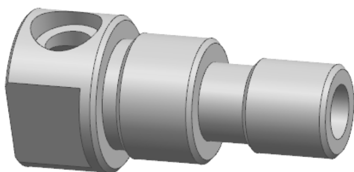


图 12-3　打开的模型文件

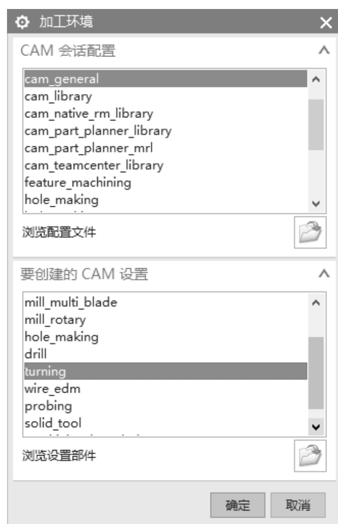


图 12-4 【加工环境】对话框

12.3.2 右端轮廓车削加工

1．创建车削加工坐标系

单击【快速访问】工具栏上的【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）双击【工序导航器】窗口中的【MCS_SPINDLE】图标 MCS_SPINDLE，弹出【MCS 主轴】对话框，如图 12-5 所示。



图 12-5 【MCS 主轴】对话框

2）在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS 对话框】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形区的坐标框中输入（205，0，0），如图 12-6 所示。单击【确定】按钮返回上一对话框。

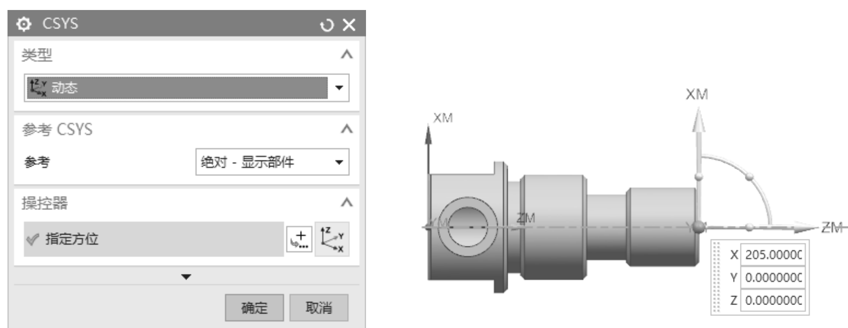


图 12-6　移动坐标系

3）在【车床工作平面】选项组的【指定平面】下拉列表框中选择“ZM-XM”，设置 XC 轴为机床主轴，单击【确定】按钮，完成加工坐标系设置，如图 12-7 所示。

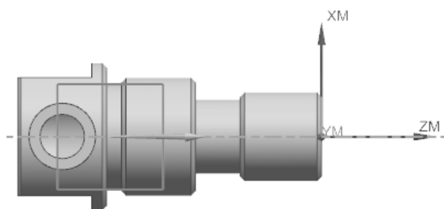


图 12-7　设置的加工坐标系

2．创建车削加工几何

1）打开菜单【格式】，单击【图层设置】命令，弹出【图层设置】对话框，隐藏图层 5，打开图层 10，如图 12-8 所示。单击【确定】按钮完成。

2）创建部件几何。在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 12-9 所示。单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。在图形区选择所有实体，如图 12-10 所示。依次单击【确定】按钮完成部件几何的创建。

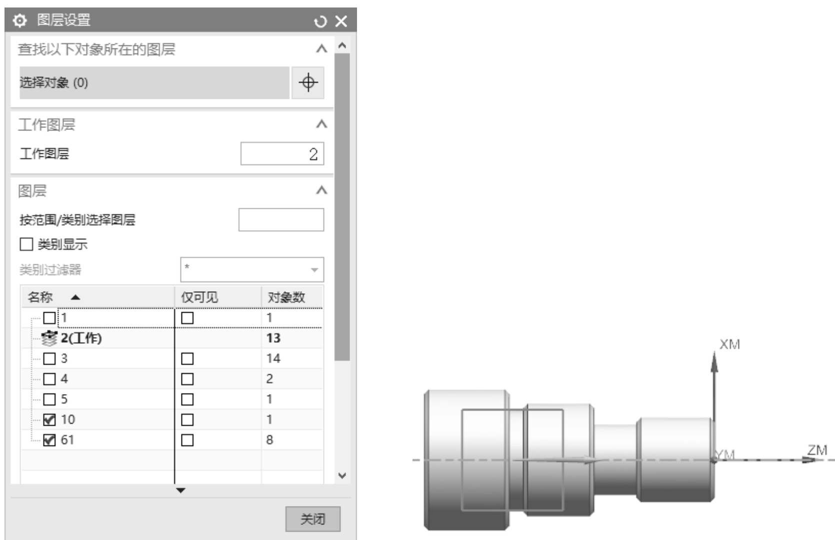


图 12-8　图层设置

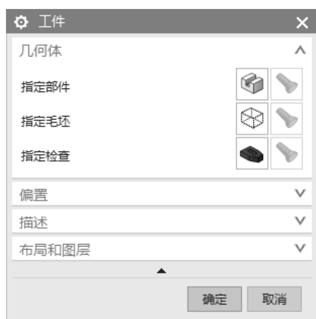


图 12-9 【工件】对话框

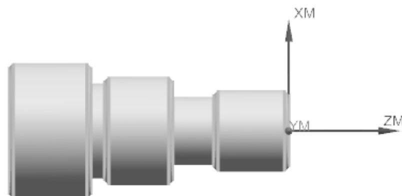


图 12-10 选择部件几何

3）指定毛坯边界。具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【TURNING_WORKPIECE】图标 TURNING_WORKPIECE，弹出【车削工件】对话框，如图 12-11 所示。

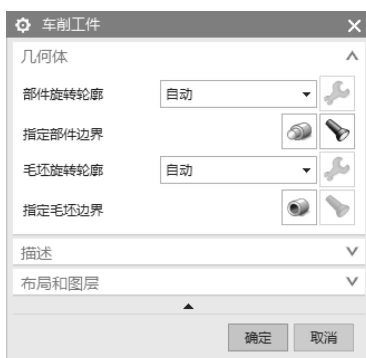


图 12-11 【车削工件】对话框

② 单击【车削工件】对话框的【几何体】选项组中【指定毛坯边界】选项后的【选择或编辑毛坯边界】按钮，弹出【毛坯边界】对话框，设置相关参数如图 12-12 所示。



图 12-12 【毛坯边界】对话框

③ 单击【指定点】后【点对话框】按钮，弹出【点】构造器，设置安装位置为坐标原点（0，0，0）。依次单击【确定】按钮，完成毛坯边界设置，如图 12-13 所示。



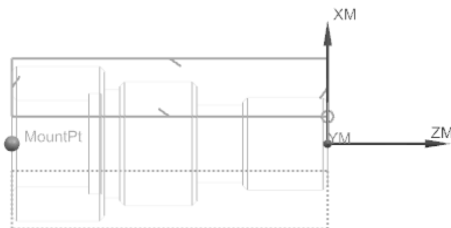


图 12-13　定义的毛坯边界

3．创建避让几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。【类型】选择“turning”，【几何体子类型】为【AVOIDANCE】图标，【位置】选项组的【几何体】为“TURNING_WORKPIECE”，【名称】为“AVOIDANCE”，如图 12-14 所示。单击【确定】按钮，弹出【避让】对话框，如图 12-15 所示。



图 12-14　【创建几何体】对话框

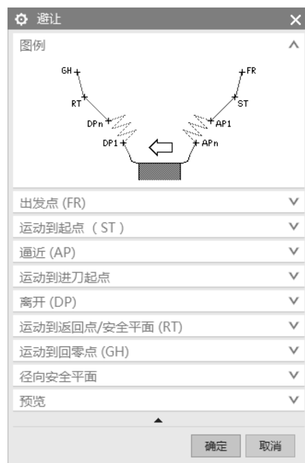


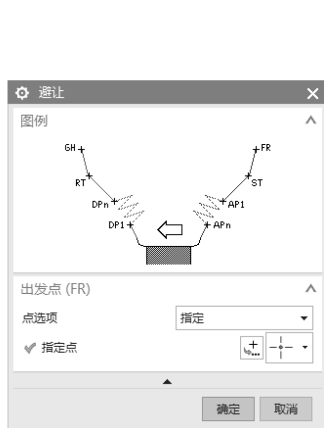
图 12-15　【避让】对话框

2）设置出发点。在【出发点】选项组中选择【点选项】为“指定”，然后单击【点构造器】按钮，并在弹出的【点构造器】中输入坐标为（300，150，0），如图 12-16 所示。单击【确定】按钮返回。

3）设置起点。设置【运动到起点（ST)】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】为“点”，单击【点构造器】按钮，并在弹出的【点构造器】中输入坐标（250，100，0.000000000），如图 12-17 所示。单击【确定】按钮返回完成设置。

4）设置进刀起点。设置【运动到进刀起点】选项组的【运动类型】为“径向->轴向”，如图 12-18 所示。

5）设置【运动到返回点/安全平面（RT)】的【运动类型】为“径向->轴向”，【运动到回零点（GH)】的【运动类型】为“直接”，【点选项】均为“与起点相同”，如图 12-19 所示。





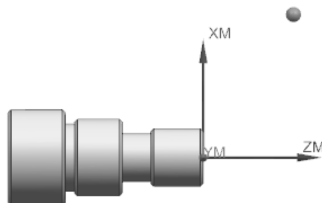
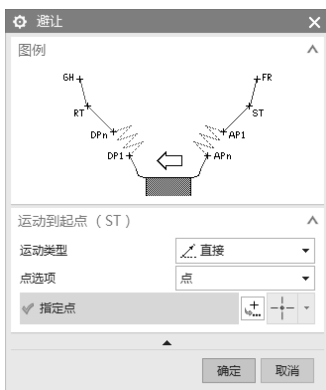


图 12-16　设置出发点





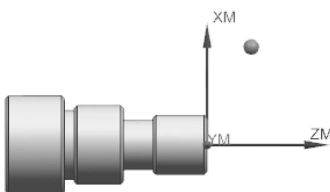


图 12-17　设置起点和运动类型



图 12-18　设置进刀起点

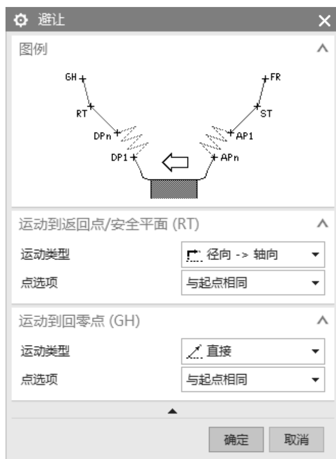


图 12-19　设置返回点和回零点

4．创建车削刀具

单击【导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。创建端面车刀，具体操作步骤如下：

1）创建外圆粗加工车刀，具体操作步骤如下：

①单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框，如图 12-20 所示。

在【类型】下拉列表框中选择“turning”,【刀具子类型】选择【OD_80_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_80_L_FACE”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。



图 12-20　【创建刀具】对话框

② 在【车刀-标准】对话框的【工具】选项卡中设定【刀尖半径】为“0.1000”,【方向角度】为“5.0000”,【长度】为“15.0000”,【刀具号】为“1”，其他参数接受默认设置，如图 12-21 所示。

③ 在【夹持器】选项卡【夹持器（柄）】选项组中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“L 样式”，设置其他参数如图 12-22 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

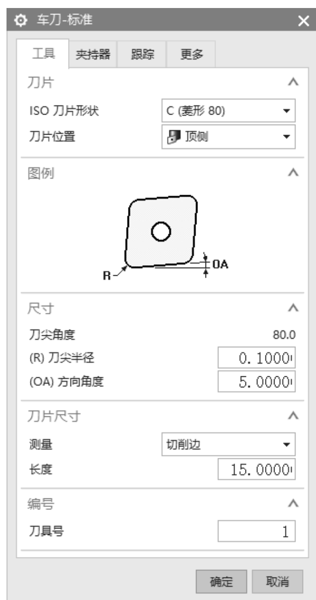


图 12-21　【工具】选项卡

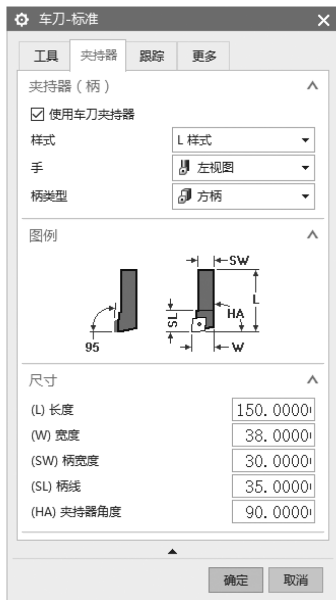


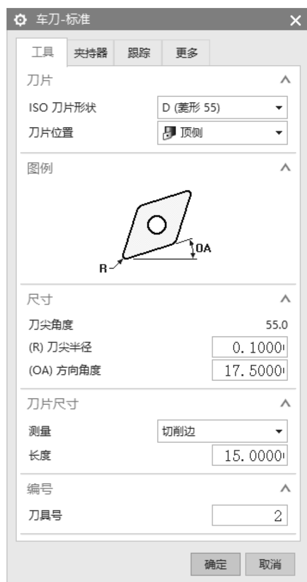
图 12-22　【夹持器】选项卡

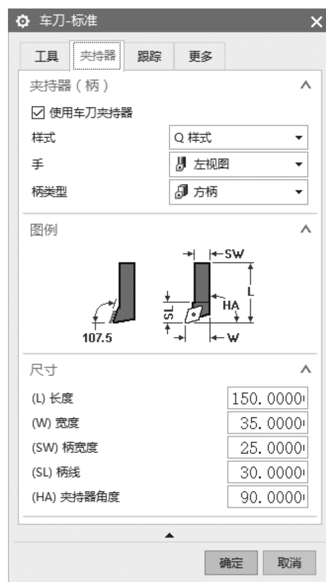
2）创建外圆精加工车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”,【刀具子类型】选择【OD_55_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_55_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设定【刀尖半径】为“0.1000”,【方向角度】为“17.5000”,【长度】为“15.0000”,【刀具号】为“2”，其他参数接受默认设置，如图 12-23 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“Q 样式”，设置其他参数如图 12-24 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。


图 12-23 【工具】选项卡

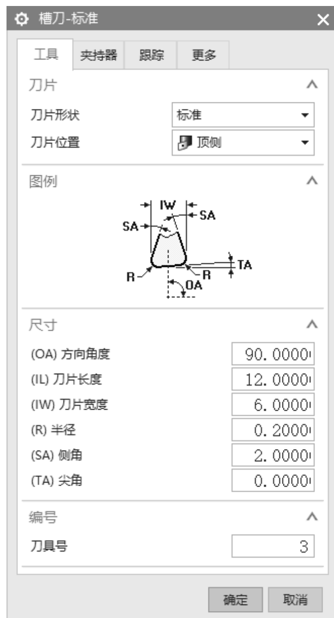

图 12-24 【夹持器】选项卡

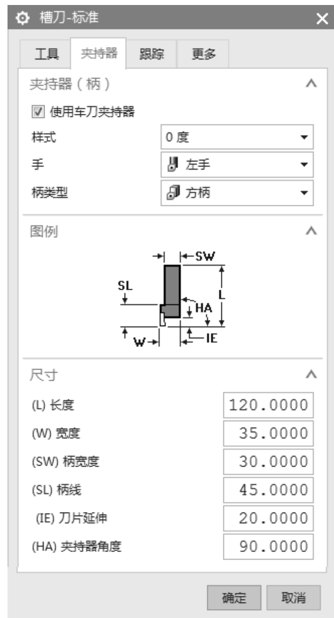
3）创建切槽刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择“OD_GROOVE_L”图标，在【名称】文本框中输入“OD_GROOVE_L”，单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【槽刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡的【尺寸】选项组中设定【刀片宽度】为“6.0000”，【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 12-25 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中选择【样式】为“0 度”，设置其他参数如图 12-26 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。


图 12-25 【工具】选项卡


图 12-26 【夹持器】选项卡

4）创建螺纹车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_THREAD_L】图标，在【名称】文本框中输

入“OD_THREAD_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【螺纹刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设置参数，【刀具号】为“4”，如图 12-27 所示。

③ 在【跟踪】选项卡中选择【点编号】为“P8”，设置其他参数如图 12-28 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

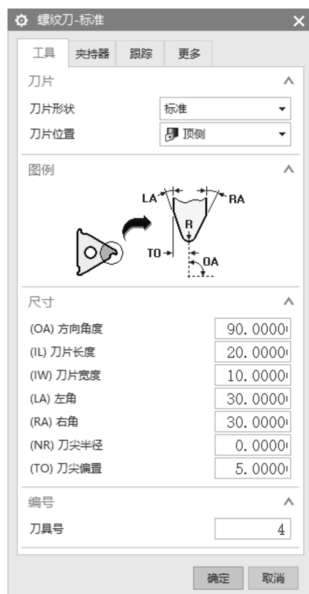


图 12-27 【工具】选项卡

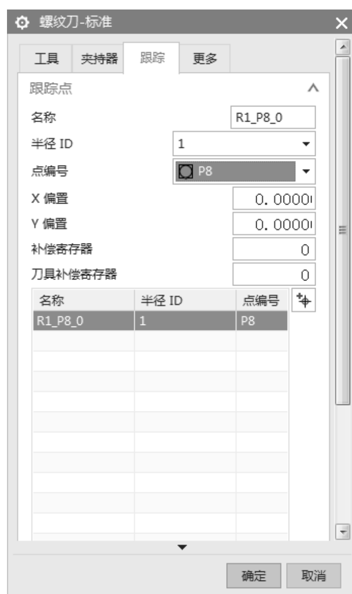


图 12-28 【跟踪】选项卡

5．创建外圆粗车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 2 个图标（ROUGH_TURN_OD)，【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_80_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“ROUGH_TURN_OD”，如图 12-29 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径粗车】对话框，如图 12-30 所示。



图 12-29 【创建工序】对话框



图 12-30 【外径粗车】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择“单向线性切削”走刀方式，如图 12-30 所示。

3）在【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”；选择【步进】选项组的【切削深度】为“变量平均值”，【最大值】为“2.0000”；选择【变换模式】为“省略”，【清理】为“全部”，如图 12-31 所示。

4）设置切削参数。在【外径粗车】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：取消【允许底切】复选框，接受默认设置，如图 12-32 所示。

②【余量】选项卡：设置【粗加工余量】选项组的【面】为“0.5000”，【径向】为“0.7000”，如图 12-33 所示。

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“6000.000”，【切削】速度为“0.5000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12-34 所示。



图 12-31 【刀轨设置】选项



图 12-32 【策略】选项卡



图 12-33 【余量】选项卡



图 12-34 【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证，具体步骤如下：

① 在【外径粗车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按

钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12-35 所示。

② 单击【外径粗车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-35 所示。

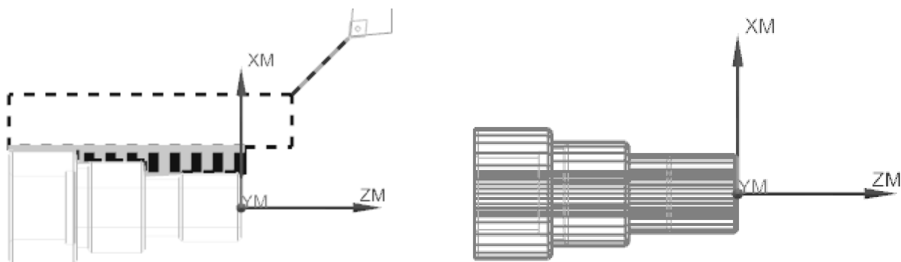


图 12-35　刀具路径和实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【外径粗车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成粗车加工工序。

6．创建外圆精车

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 6 个图标（FINISH_TURN_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_55_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_FINISH”，在【名称】文本框中输入“FINISH_TURN_OD”，如图 12-36 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径精车】对话框，如图 12-37 所示。



图 12-36　【创建工序】对话框



图 12-37　【外径精车】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择“全部精加工”走刀方式，如图 12-37 所示。

3）在【外径精车】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”，其他参数如图 12-38 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】组框中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“1000.000”，切削速度为“1.0000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12-39 所示。



图 12-38 【刀轨设置】选项



图 12-39 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证。

① 在【外径精车】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12-40 所示。

② 单击【外径精车】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-40 所示。

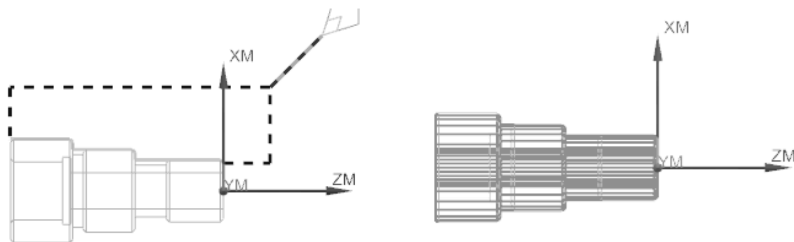


图 12-40 刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径精车】对话框，然后单击【确定】按钮，完成精车加工工序。

7. 创建车槽加工一

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 3 行第 4 个图标（GROOVE_OD)，【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“GROOVE_OD”，如图 12-41 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径开槽】对话框，如图 12-42 所示。



图 12-41　【创建工序】对话框



图 12-42　【外径开槽】对话框

2）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。

① 在【修剪点 1】选项组的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 12-43 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。



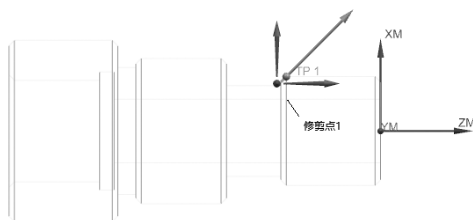
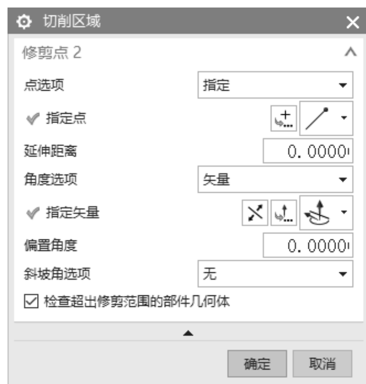


图 12-43　修剪点 1 设置

② 在【修剪点 2】选项组的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 12-44 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。



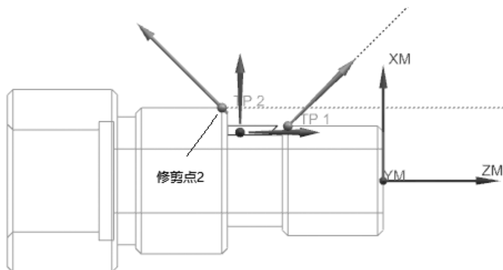


图 12-44　修剪点 2 设置

3）设置切削策略和刀轨设置。在【外径开槽】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.000”，【方向】为“前进”；选择【步进】选项组的【步距】为“恒定”，【距离】为“2.0000”；【清理】为“仅向下”，如图 12-45 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，切削速度为“0.2000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12-46 所示。



图 12-45 【刀轨设置】选项



图 12-46 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证

① 在【外径开槽】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12-47 所示。

② 单击【外径开槽】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-47 所示。

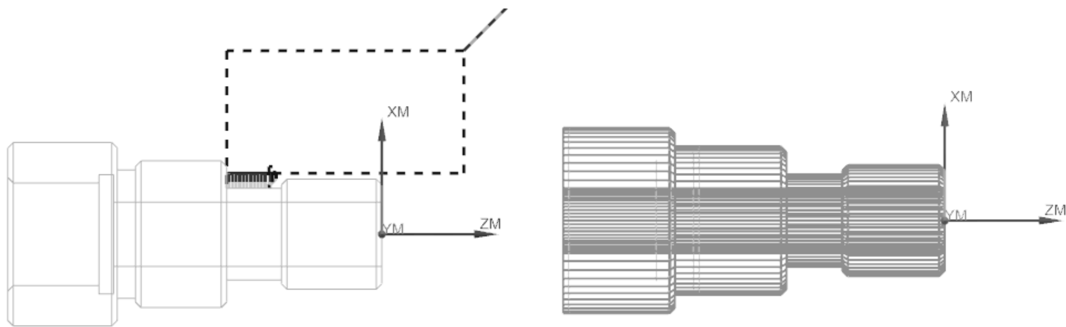


图 12-47 刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径开槽】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切槽加工工序。

8．创建车槽加工二

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 3 行第 4 个图标（GROOVE_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L”，

【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“GROOVE_OD_1”，如图 12-48 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径开槽】对话框，如图 12-49 所示。



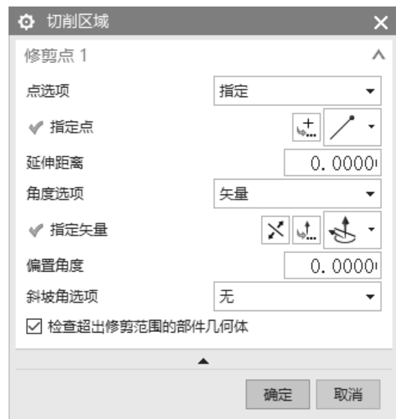
图 12-48　【创建工序】对话框



图 12-49　【外径开槽】对话框

2）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。

① 在【修剪点 1】选项组【点选项】的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 12-50 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。



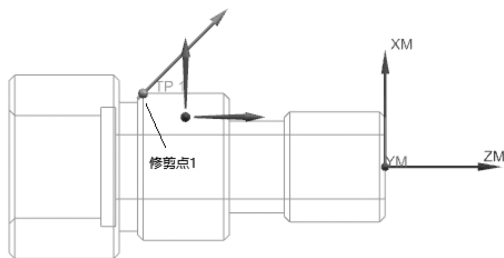


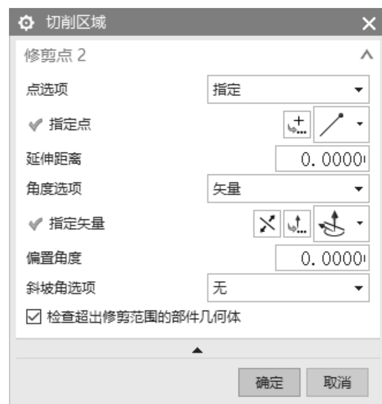
图 12-50　修剪点 1 设置

② 在【修剪点 2】选项组【点选项】的下拉列表框中选择“指定”，选择如图 12-51 所示的点，设【角度选项】为“矢量”。

3）设置切削策略和刀轨设置。在【外径开槽】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”；【步进】选项组的选择【步距】为“恒定”，【距离】为“2.0000”；【清理】为“仅向下”，如图 12-52 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，切削速度为“0.2000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其

他接受默认设置，如图 12–53 所示。



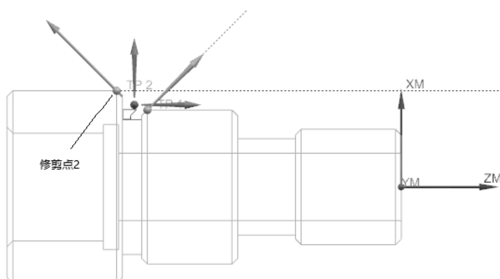


图 12–51　修剪点 2 设置



图 12–52 【刀轨设置】选项



图 12–53 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证

① 在【外径开槽】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12–54 所示。

② 单击【外径开槽】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12–54 所示。

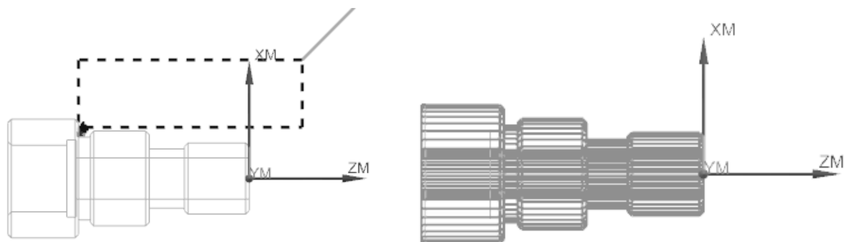


图 12–54　刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径开槽】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切槽加工工序。

9．创建螺纹车削加工

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 4 行第 1 个图标（THREAD_OD），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_THREAD_L”，【几何体】选择“AVOIDANCE”，【方法】选择“LATHE_THREAD”，在【名称】文本框中输入“THREAD_OD”，如图 12-55 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【外径螺纹加工】对话框，如图 12-56 所示。



图 12-55　【创建工序】对话框



图 12-56　【外径螺纹加工】对话框

2）设置螺纹形状

① 单击【选择顶线（0）】后的按钮，然后在图形区选择如图 12-57 所示的顶线。

② 设置【深度选项】为“深度和角度”，设置【偏置】选项组，并设定相关参数如图 12-58 所示。

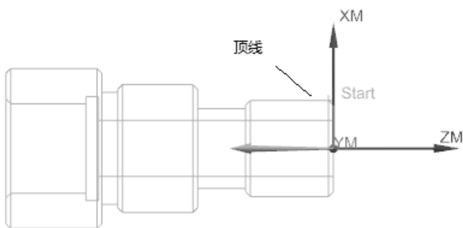


图 12-57　选择顶线



图 12-58　设置螺纹形状参数

3）设置切削参数：在【外径螺纹加工】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设【螺纹头数】为“1”，接受默认设置，如图 12-59 所示。

②【螺距】选项卡：设【螺距变化】为“恒定”，【距离】为“2.0000”，如图 12-60 所示。

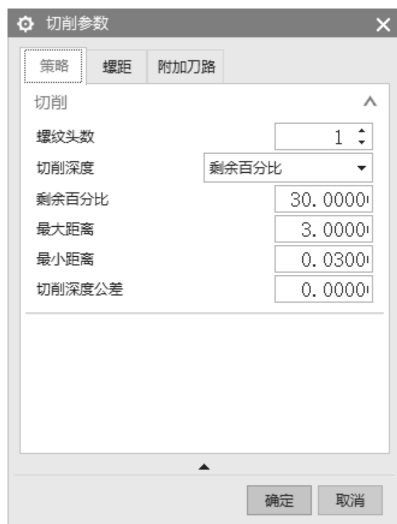


图 12-59 【策略】选项卡



图 12-60 【螺距】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

4）设置进给参数：单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“100.0000”，其他接受默认设置，如图 12-61 所示。

5）生成刀具路径并验证：在【外径螺纹加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12-62 所示。



图 12-61 【进给率和速度】对话框

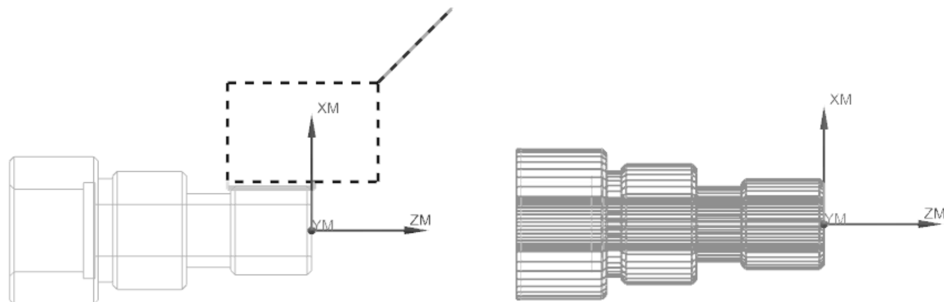


图 12-62 刀具路径和实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【外径螺纹加工】对话框，然后单击【确定】按钮，完成螺纹车加工工序。

12.3.3　调头左端内圆轮廓车削加工

1．创建加工几何体

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。单击【MCS_SPINDLE】图标，【几何体】为“GEOMETRY”，在【名称】文本框中输入“MCS_SPINDLE_LEFT”，如图 12−63 所示。然后单击【确定】按钮，弹出【MCS 主轴】对话框，如图 12−64 所示。



图 12−63　【创建几何体】对话框



图 12−64　【MCS 主轴】对话框

2）在【机床坐标系】选项组中单击【CSYS】按钮，弹出【CSYS】对话框，在图形中拖动图 12−65 所示的手柄并旋转坐标系，如图 12−66 右侧所示。

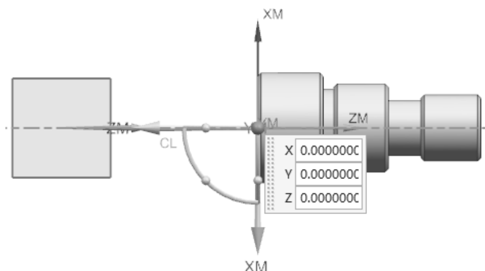


图 12−65　调整加工坐标系方位

3）单击【CSYS】对话框中【确定】按钮返回，依次单击【确定】按钮，完成加工坐标系方位调整如图 12−66 所示。



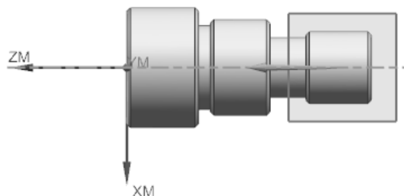


图 12−66　设置的车削加工坐标系

2．创建车削加工几何

1）创建部件几何。在【工序导航器】中双击【WORKPIECE】图标，弹出【工件】对话框，如图 12−67 所示。单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。在图形区选择所有实体，如图 12−68 所示。依次单击【确定】按钮完成部件几何的创建。

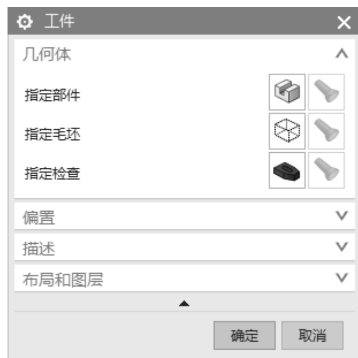


图 12−67 【工件】对话框

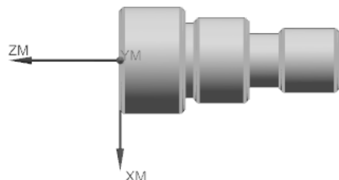


图 12−68 选择部件几何

2）指定毛坯边界。具体操作步骤如下：

① 双击【工序导航器】窗口中的【TURNING_WORKPIECE_1】图标，弹出【车削工件】对话框，如图 12−69 所示。

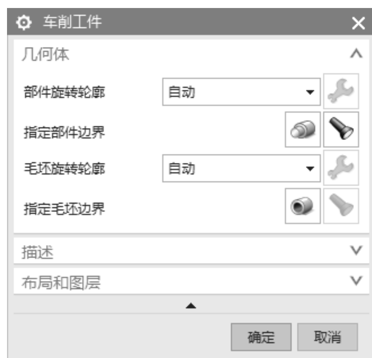


图 12−69 【车削工件】对话框

② 单击【车削工件】对话框的【几何体】选项组中【指定毛坯边界】选项后的【选择或编辑毛坯边界】按钮，弹出【毛坯边界】对话框，设置相关参数如图 12−70 所示。



图 12−70 【毛坯边界】对话框

③ 单击【指定点】后【点构造器】按钮，设置安装位置为坐标原点（60，0.000000000，0.000000000）。依次单击【确定】按钮，完成毛坯边界设置，如图 12-71 所示。



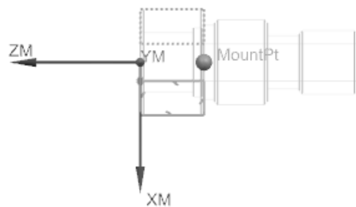


图 12-71　定义的毛坯边界

3．创建避让几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。【类型】选择“turning”，【几何体子类型】为【AVOIDANCE】，【位置】选项组的【几何体】为“TURNGING_WORKPIECE_1”，【名称】文本框输入为“AVOIDANCE_LEFT”，如图 12-72 所示。单击【确定】按钮，弹出【避让】对话框，如图 12-73 所示。



图 12-72　【创建几何体】对话框

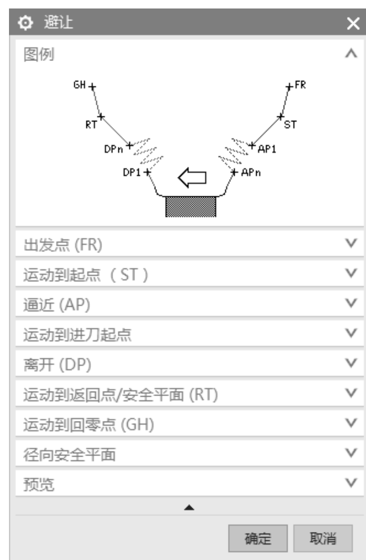


图 12-73　【避让】对话框

2）设置出发点。在【出发点（FR）】选项组的【点选项】选择【指定】，然后单击【点构造器】按钮，并在弹出的点构造器中选择【自动判断的点】并输入坐标为（−100，100，0.000000000），如图 12-74 所示。单击【确定】按钮返回。

3）设置起点。设置【运动到起点】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】为“点”，单击【点构造器】按钮，并在弹出的【点构造器】中输入坐标（−40，10，0），如图 12-75 所示。单击【确定】按钮返回完成设置。



图 12-74　设置出发点



图 12-75　设置起点和运动类型

4）设置进刀起点。设置【运动到进刀起点】选项组的【运动类型】为“轴向->径向”，如图 12-76 所示。

5）设置【运动到返回点/安全平面（RT）】选项组的【运动类型】为“径向->轴向”，【运动到回零点（GH）】选项组的【运动类型】为“直接”，【点选项】均为“与起点相同”，如图 12-77 所示。

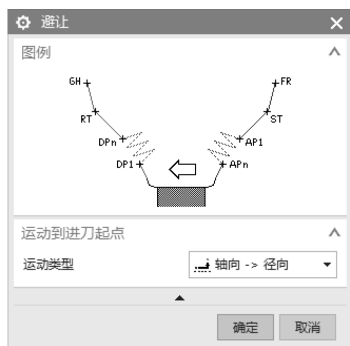


图 12-76　设置进刀起点

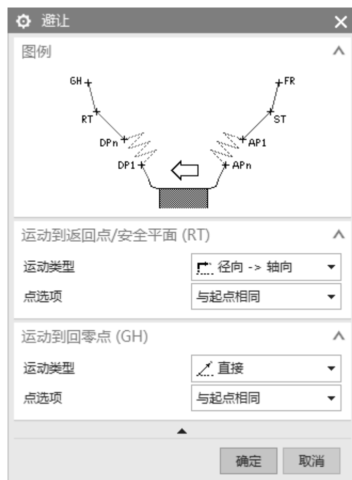


图 12-77　设置返回点和回零点

4．创建刀具父级组

单击【工序导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

1）创建粗镗刀，具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【ID_80_L】图标，在【名称】文本框中输入“ID_80_L_LEFT”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【车刀-标准】对话框的【工具】选项卡设定【刀尖半径】为“0.5000”,【方向角度】为“185.0000”,【长度】为“15.0000”,【刀具号】为“10”，其他参数接受默认设置，如图 12−78 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“L 样式”，选择【手】为“右视图”，在【尺寸】选项组下的【夹持器角度】文本框中输入“180.0000”，其他参数接受默认设置，如图 12−79 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

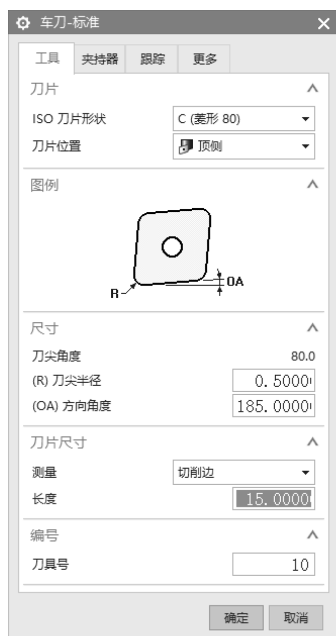


图 12−78 【工具】选项卡

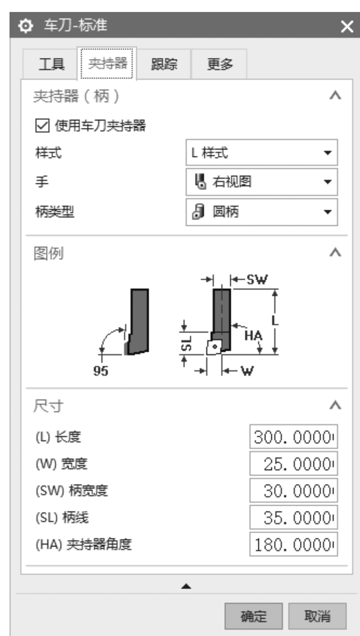


图 12−79 【夹持器】选项卡

2）创建精镗刀，具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【ID_55_L】图标，在【名称】文本框中输入【ID_55_L_LEFT】。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【车刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡设定【刀尖半径】为“0.1000”,【方向角度】为“197.5000”,【长度】为“15.0000”,【刀具号】为“11”，其他参数接受默认设置，如图 12−80 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中，选中【使用车刀夹持器】复选框，选择【样式】为“Q 样式”，选择【手】为“右视图”，在【尺寸】选项组下的【夹持器角度】文本框中输入“180.0000”，其他参数接受默认设置，如图 12−81 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

3）创建切槽刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择“OD_GROOVE_L”图标，在【名称】文本框中输入“OD_GROOVE_L”，单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【槽刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设定【刀片宽度】为“4.0000”,【刀具号】为“3”，其他参数接受默认设置，如图 12−82 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中选择【样式】为“90 度”，设置其他参数如图 12-83 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

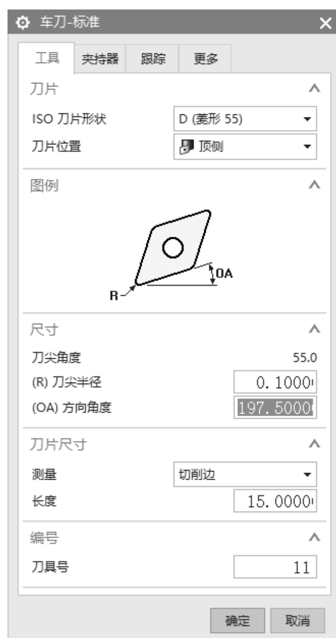


图 12-80 【工具】选项卡

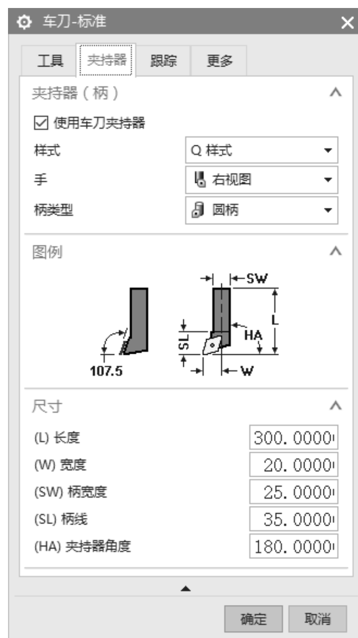


图 12-81 【夹持器】选项卡

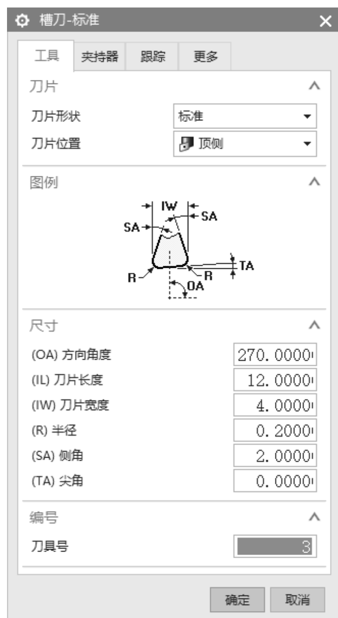


图 12-82 【工具】选项卡

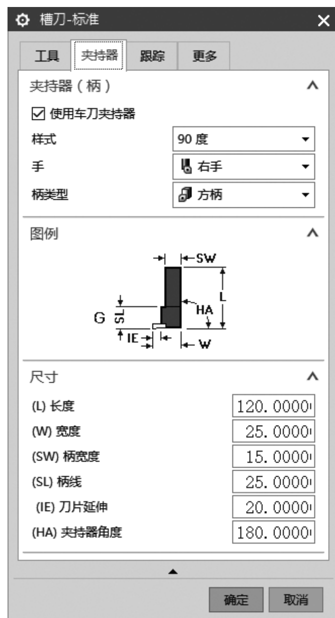


图 12-83 【夹持器】选项卡

4）创建螺纹车刀，具体操作步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“turning”，【刀具子类型】选择【OD_THREAD_L】图标，在【名称】文本框中输入“OD_THREAD_L”。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【螺纹刀-标准】对话框。

② 在【工具】选项卡中设置参数，【刀具号】为“4”，如图 12-84 所示。

③ 在【夹持器】选项卡中设置参数【夹持器角度】为“180.0000”，如图 12-85 所示。

④ 在【跟踪】选项卡中选择【点编号】为“P8”，设置其他参数如图 12-86 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。

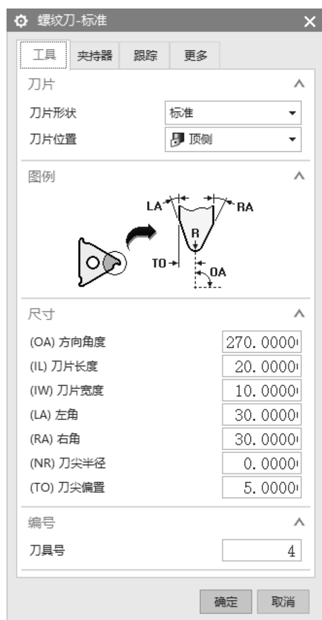


图 12-84 【工具】选项卡

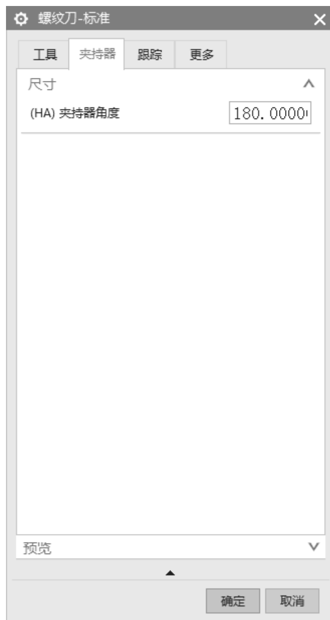


图 12-85 【夹持器】选项卡



图 12-86 【跟踪】选项卡

5．创建粗镗内孔

1）创建工序，具体步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 2 行第 4 个图标（ROUGH_BORE_ID），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“ID_80_L_LEFT”，【几何体】选择“AVOIDANCE_LEFT”，【方法】选择“LATHE_ROUGH”，在【名称】文本框中输入“ROUGH_BORE_ID_LEFT”，如图 12-87 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【内径粗镗】对话框，如图 12-88 所示。



图 12-87 【创建工序】对话框



图 12-88 【内径粗镗】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择【单向线性切削】走刀方式，如图 12−88 所示。

3）在【内径粗镗】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”,【方向】为“前进”；选择【步进】选项组的【切削深度】为“变量平均值”,【最大值】为“3.0000”,【最小值】为“1.0000”；选择【变换模式】为“省略”,【清理】为“全部”，如图 12−89 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“500.0000”，切削速度为“0.3000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12−90 所示。



图 12−89 【刀轨设置】选项



图 12−90 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【内径粗镗】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12−91 所示。

② 单击【内径粗镗】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12−92 所示。

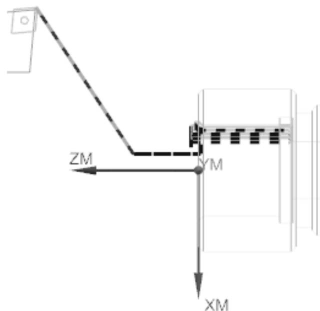


图 12−91 生成刀具路径

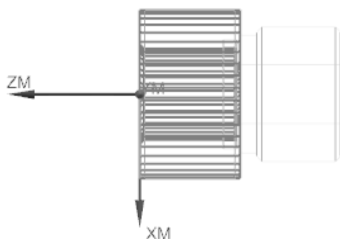


图 12−92 实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【内径粗镗】对话框，然后单击【确定】按钮，完成粗镗加工工序。

6．创建精镗内孔

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 3 行第 1 个图标（FINISH_BORE_ID），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“ID_55_L_LEFT”，【几何体】选择“AVOIDANCE_LEFT”，【方法】选择“LATHE_FINISH”，在【名称】文本框中输入“FINISH_BORE_ID_LEFT”，如图 12-93 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【内径精镗】对话框，如图 12-94 所示。



图 12-93 【创建工序】对话框



图 12-94 【内径精镗】对话框

2）在【切削策略】选项组中选择“全部精加工”走刀方式，如图 12-94 所示。

3）在【内径精镗】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”，【方向】为“前进”，其他参数如图 12-95 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，切削速度为“0.5000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12-96 所示。



图 12-95 【刀轨设置】选项



图 12-96 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【内径精镗】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12−97 所示。

② 单击【内径精镗】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12−98 所示。

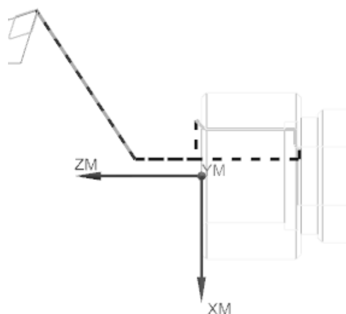


图 12−97 生成刀具路径

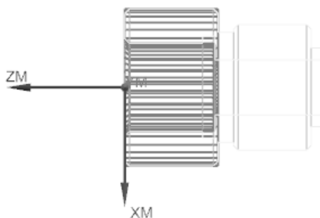


图 12−98 实体切削验证

7. 创建车内槽加工

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”,【工序子类型】选择第 3 行第 5 个图标（GROOVE_ID），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“OD_GROOVE_L_LEFT”，【几何体】选择“AVOIDANCE_LEFT”，【方法】选择“LATHE_GROOVE”，在【名称】文本框中输入“GROOVE_ID_LEFT”，如图 12−99 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【内径开槽】对话框，如图 12−100 所示。



图 12−99 【创建工序】对话框



图 12−100 【内径开槽】对话框

2）设置切削区域。单击【几何体】选项组中的【切削区域】选项后的【编辑】按钮，弹出【切削区域】对话框。

① 在【轴向修剪平面 1】选项组的【限制选项】下拉列表框中选择“距离”，并在【轴向 ZM/XM】中输入数值为“–50.0000”，其他修剪平面不设置，如图 12–101 所示。

② 在【轴向修剪平面 2】选项组的【限制选项】下拉列表框中选择【距离】，并在【轴向 ZM/XM】中输入数值为“–58.0000”，其他修剪平面不设置，如图 12–101 所示。

③ 在【区域选择】选项组选择【区域序列】为“单个”，单击【确定】按钮确认。



图 12–101　修剪平面设置

3）设置切削策略和刀轨设置。在【内径开槽】对话框的【刀轨设置】选项组中选择【与 XC 的夹角】为“180.0000”,【方向】为“前进”；选择【步进】选项组的【步距】为“恒定”,【距离】为“2.0000”;【清理】为“仅向下”，如图 12–102 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“300.0000”，切削速度为“0.2000”，单位为“mm/r（mmpr）”，其他接受默认设置，如图 12–103 所示。



图 12–102　【刀轨设置】选项



图 12–103　【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证

① 在【内径开槽】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12–104 所示。

② 单击【内径开槽】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对

话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮▶，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-104 所示。

6）单击【确定】按钮，返回【内径开槽】对话框，然后单击【确定】按钮，完成切槽加工工序。

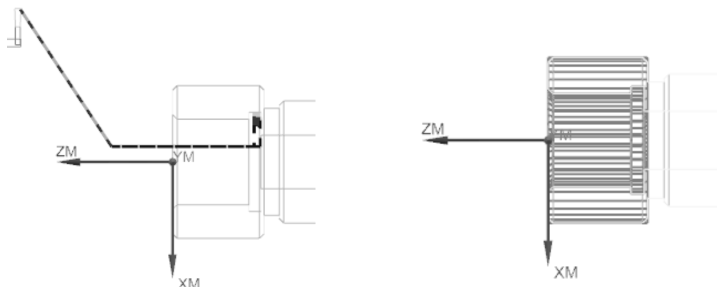


图 12-104　刀具路径和实体切削验证

8．创建内螺纹车削加工

1）创建工序

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“turning”，【工序子类型】选择第 4 行第 2 个图标（THREAD_ID_LEFT），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“ID_THREAD_L_LEFT”，【几何体】选择“AVOIDANCE_LEFT”，【方法】选择“LATHE_THREAD”，在【名称】文本框中输入“THREAD_ID_LEFT”，如图 12-105 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【内径螺纹加工】对话框，如图 12-106 所示。



图 12-105 【创建工序】对话框



图 12-106 【内径螺纹加工】对话框

2）设置螺纹形状

① 单击【螺纹形状】选项组的【选择顶线（0）】后的按钮，然后在图形区选择如图 12-107 所示的顶线。

② 设置【深度选项】为“深度和角度”，设置【偏置】选项组，并设定相关参数如图 12-108 所示。

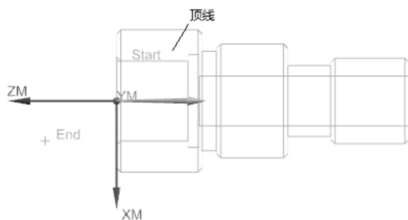


图 12-107　选择顶线



图 12-108　设置螺纹形状参数

3）设置切削参数：在【内径螺纹加工】对话框中，单击【刀轨设置】选项组中的【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，进行切削参数设置。

①【策略】选项卡：设【螺纹头数】为“1”，其他接受默认设置，如图 12-109 所示。

②【螺距】选项卡：设【螺距变化】为“恒定”，【距离】为“2.0000”，如图 12-110 所示。



图 12-109　【策略】选项卡



图 12-110　【螺距】选项卡

③ 单击【切削参数】对话框中的【确定】按钮，完成切削参数设置。

4）设置进给参数：单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“100.0000”，其他接受默认设置，如图 12-111 所示。

5）生成刀具路径并验证

① 在【内径螺纹加工】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12-112 所示。

② 单击【内径螺纹加工】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【3D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 3D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-112 所示。



图 12-111 【进给率和速度】对话框

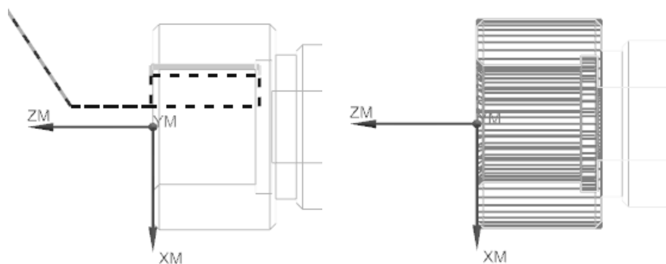


图 12-112 刀具路径和实体验证

6）单击【确定】按钮，返回【内径螺纹加工】对话框，然后单击【确定】按钮，完成螺纹车加工工序。

12.3.4 铣削加工

1．创建铣削加工坐标系

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框，如图 12-113 所示。选择【类型】为“mill_planar”，单击【MCS】图标，【名称】为“MCS_MILL”，然后单击【确定】按钮，系统弹出【MCS】对话框如图 12-114 所示。



图 12-113 【创建几何体】对话框

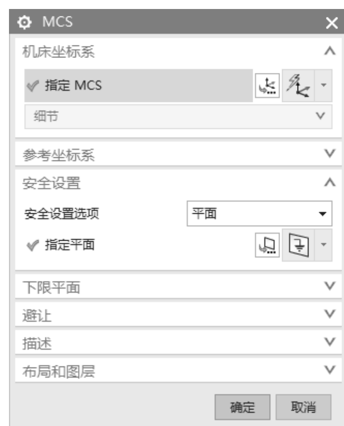


图 12-114 【MCS】对话框

2）在【MCS】对话框的【机床坐标系】选项组中单击【CSYS】按钮，弹出【CSYS】对话框，选择【动态】类型，在图形区输入坐标（0.0000000，0.0000000，50.000000）。单击【确定】按钮，调整加工坐标系方位，如图 12-115、图 12-116 所示。返回【MCS】对话框。



图 12-115 调整加工坐标系方位

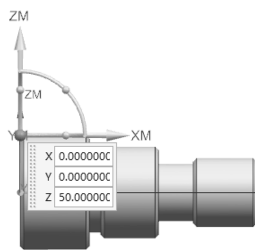


图 12-116 铣削加工坐标系

3）在【MCS】对话框中，在【安全设置】选项组中的【安全设置选项】下拉列表框中选择【平面】选项，然后单击【选择安全平面】按钮，弹出【刨】对话框。在图 12−117 所示的【刨】对话框中选择【XC-YC 平面】类型，在图形区选择图 12−118 所示的平面，在【偏置和参考】选项组的【距离】文本框中输入“75”。单击【确定】按钮，在图形区会显示安全平面所在的位置。

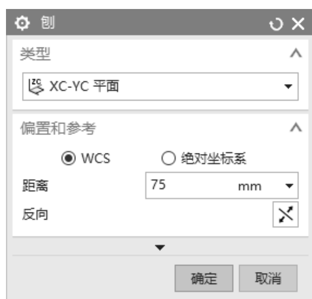


图 12−117 【平面构造器】对话框

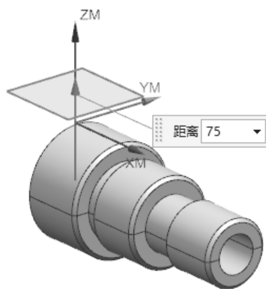


图 12−118 显示安全平面的位置

2．创建铣削加工几何

1）单击【插入】工具栏上的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框。选择【类型】为“mill_planar”，单击【WORKPIECE】图标，【位置】选项组的【几何体】为“MCS_MILL”，【名称】为“WORKPIECE_MILL”，如图 12−119 所示。单击【确定】按钮，系统弹出【工件】对话框，如图 12−120 所示。



图 12−119 【创建几何体】对话框

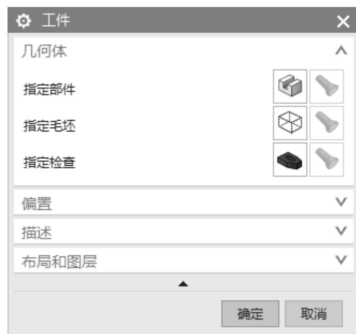


图 12−120 【工件】对话框

2）单击【几何体】选项组中【指定部件】选项后的【选择或编辑部件几何体】按钮，弹出【部件几何体】对话框。选择图 12−121 所示的图层 5 上的实体作为部件几何。依次单击【确定】按钮，完成几何定义。



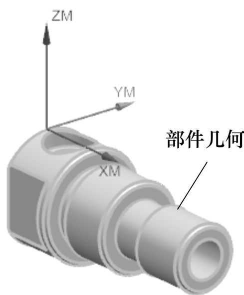
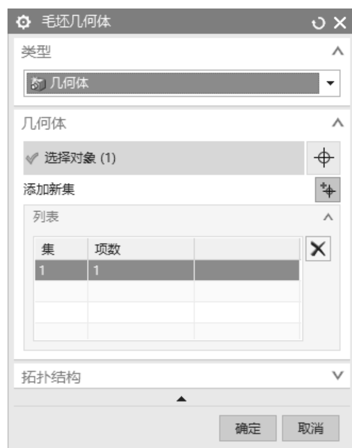


图 12−121 选择部件几何

3）单击【几何体】选项组中【指定毛坯】选项后的【选择或编辑毛坯几何体】按钮，弹出【毛坯几何体】对话框。选择在图层 10 上的毛坯作为实体，如图 12−122 所示。连续单击【确定】按钮完成毛坯设置。



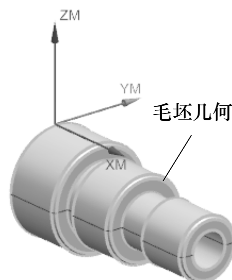


图 12−122　选择毛坯几何

3．创建铣削刀具

单击【导航器】工具栏上的【机床视图】按钮，【工序导航器】切换到机床刀具视图。

创建直径为 D6 的立铣刀，具体步骤如下：

① 单击【加工创建】工具栏上的【创建刀具】按钮，弹出【创建刀具】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【刀具子类型】选择【MILL】图标，在【名称】文本框中输入“D6”，如图 12−123 所示。单击【创建刀具】对话框中的【确定】按钮，弹出【铣刀-5 参数】对话框。

② 在【铣刀-5 参数】对话框的【尺寸】选项组中设定【直径】为“6.0000”，其他参数接受默认设置，如图 12−124 所示。单击【确定】按钮，完成刀具创建。



图 12−123　【创建刀具】对话框

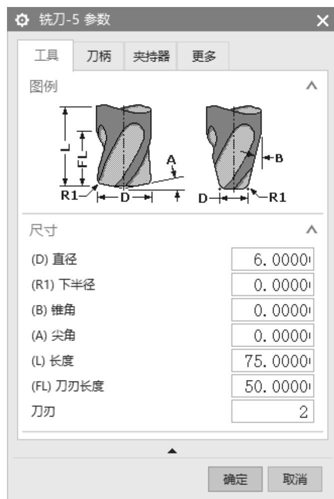


图 12−124　【铣刀-5 参数】对话框

4．创建孔铣加工

1）创建孔铣工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 2 行第 5 个图标（HOLE_MILLING），设置加工父级组后，在【名称】文本框中输入工序名称，如图 12−125 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【孔铣】对话框，如图 12-126 所示。

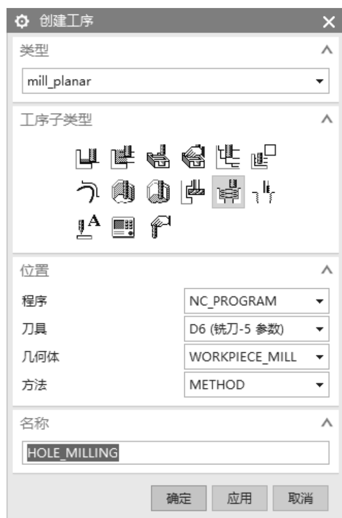


图 12-125 【创建工序】对话框

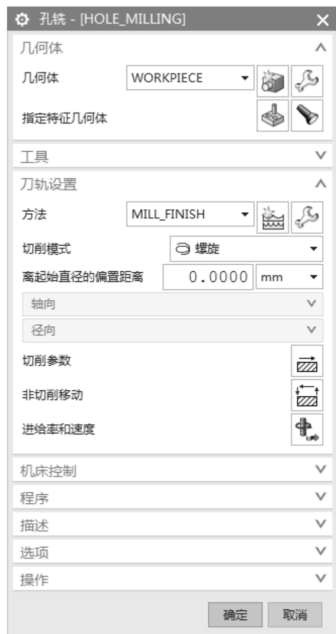


图 12-126 【孔铣】对话框

2）选择孔几何体。单击【孔铣】对话框【几何体】选项组中【指定特征几何体】选项后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【特征几何体】对话框，如图 12-127 所示。单击【选择对象（1）】后按钮，选择图 12-128 所示的面作为特征几何体，单击【确定】按钮返回。



图 12-127 【特征几何体】对话框

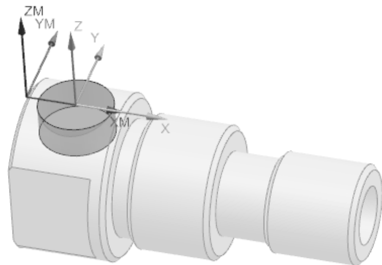


图 12-128 选择孔

3）在【孔铣】对话框中【刀轨设置】选项组中，设置【切削模式】为螺旋，设置轴向、径向参数，如图 12-129 所示。

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速

度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，切削速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 12−130 所示。



图 12−129　设置刀轨参数

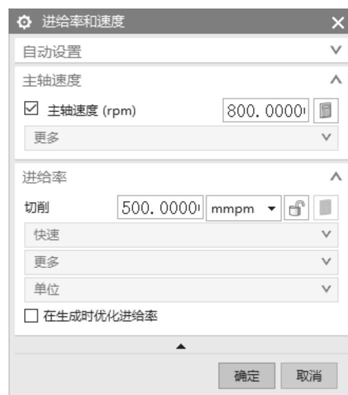


图 12−130　【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【孔铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12−131 所示。

② 单击【孔铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 12−132 所示。

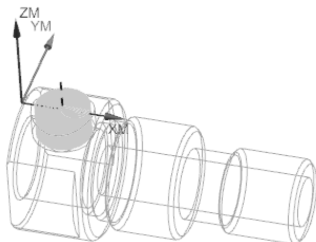


图 12−131　刀具路径

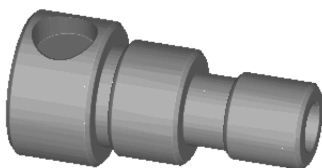


图 12−132　实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【孔铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

5．创建平面铣孔加工

单击【工序导航器】工具栏上【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 1 行第 4 个图标（PLANAR_MILL），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D6”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“PLANAR_MILL”，如图 12−133 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【平面铣】对话框，如图 12−134 所示。



图 12-133　【创建工序】对话框



图 12-134　【平面铣】对话框

2）创建平面铣几何，具体操作步骤如下：

① 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【边界几何体】对话框，【模式】为“面”，【材料侧】为“内部”，设其他相关参数如图 12-135 所示。

② 在图形区依次选择如图 12-136 所示的面作为部件边界几何。然后依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 12-135　【边界几何体】对话框

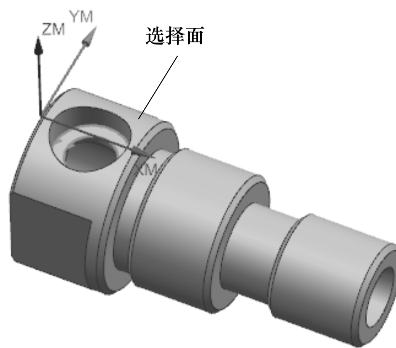


图 12-136　选择边界几何

③ 在【几何体】选项组中，单击【指定底面】后的【选择或编辑底平面几何体】按钮，弹出【平面】对话框，在【平面】对话框中选择“自动判断”类型，在图形区选择如图 12-137 所示的平面，在【偏置】选项组的【距离】文本框中输入“3”，依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。

3）选择切削模式和设置切削用量。在【平面铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 12-138 所示。

① 选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

② 设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平均直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

③ 设定切削深度：单击【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，选择【类型】为“恒定”选

项，【每刀切削深度】选项组的【公共】为“1.0000”，其他参数如图 12−139 所示。单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。

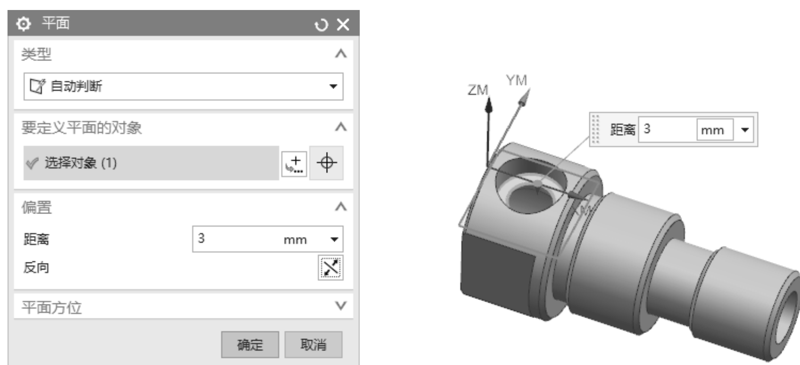


图 12−137 设置底面



图 12−138 选择切削模式和设置切削用量



图 12−139 【切削层】对话框

4）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，切削速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 12−140 所示。

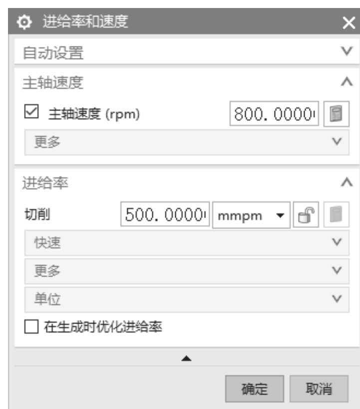


图 12−140 【进给率和速度】对话框

5）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【平面铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】

按钮，可在操作对话框下生成刀具路径，如图 12-141 所示。

② 单击【平面铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 12-142 所示。

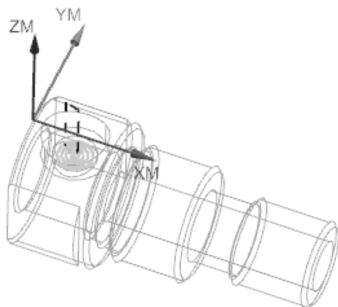


图 12-141　刀具路径

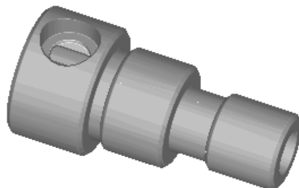


图 12-142　实体切削验证

6）单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

6．创建平面铣加工

单击【工序导航器】工具栏上【程序顺序视图】按钮，【工序导航器】切换到程序视图。

1）创建工序，具体操作步骤如下：

① 单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【创建工序】对话框中的【类型】下拉列表框中选择“mill_planar”，【工序子类型】选择第 1 行第 5 个图标（PLANAR_MILL），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”，【刀具】选择“D6”，【几何体】选择“WORKPIECE_MILL”，【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“PLANAR_MILL”，如图 12-143 所示。

② 单击【确定】按钮，弹出【平面铣】对话框，如图 12-144 所示。



图 12-143　【创建工序】对话框



图 12-144　【平面铣】对话框

2）创建平面铣几何，具体操作步骤如下：

① 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【边

界几何体】对话框，【模式】为“面”，【材料侧】为“外部”，其他相关参数如图 12-145 所示。

② 在图形区依次选择图 12-146 所示的面作为部件边界几何。然后依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 12-145 【边界几何体】对话框

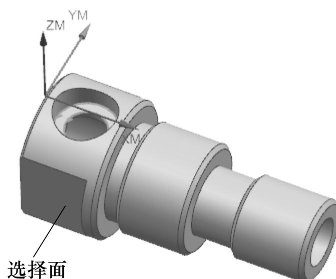


图 12-146 选择边界几何

③ 在【几何体】选项组中，单击【指定部件边界】后的【选择或编辑部件边界】按钮，弹出【编辑边界】对话框，在【平面】选项选择“用户指定”，弹出【刨】对话框，在【刨】对话框中选择“自动判断”类型，在图形区选择如图 12-147 所示的平面，在【偏置】选项组的【距离】文本框中输入“5”，依次单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。

④ 在【几何体】选项组，单击【指定底面】后的【选择或编辑底平面几何体】按钮，弹出【刨】对话框，然后选择如图 12-148 所示的平面作为底面，单击【确定】按钮返回【平面铣】对话框。



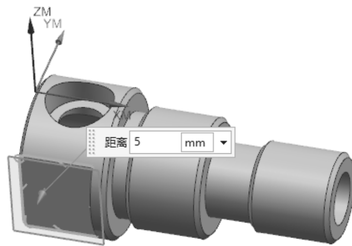


图 12-147 设置边界所在平面位置

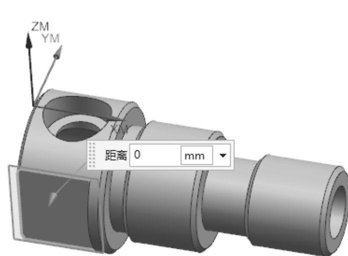


图 12-148 选择底面

3）选择切削模式和设置切削用量。在【平面铣】对话框的【刀轨设置】选项组中进行切削模式和切削用量的设置，如图 12-149 所示。

① 选择切削模式：在【切削模式】下拉列表框中选择“跟随部件”方式。

② 设置切削步进：在【步距】下拉列表框中选择“刀具平直百分比”，在【平均直径百分比】文本框中输入“50.0000”。

③ 设定切削深度：单击【切削层】按钮，弹出【切削层】对话框，选择【类型】为“恒定”选项，【每刀切削深度】选项组的【公共】为“2.0000”，其他参数如图 12-150 所示。单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框。



图 12−149　选择切削模式和设置切削用量



图 12−150　【切削层】对话框

4）设置刀轴。在【刀轴】选项组中选择【轴】为“指定矢量”，选择 YC 轴为刀轴方向，如图 12−151 所示。

5）设置进给参数。单击【刀轨设置】选项组中的【进给率和速度】按钮，弹出【进给率和速度】对话框。设置【主轴速度】为“800.0000”，切削速度为“500.0000”，单位为“mm/min（mmpm）”，其他接受默认设置，如图 12−152 所示。



图 12−151　设置刀轴



图 12−152　【进给率和速度】对话框

6）生成刀具路径并验证，具体操作步骤如下：

① 在【平面铣】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可在工序对话框下生成刀具路径，如图 12−153 所示。

② 单击【平面铣】对话框底部【操作】选项组中的【确认】按钮，弹出【刀轨可视化】对话框，然后选择【2D 动态】选项卡，单击【播放】按钮，可进行 2D 动态刀具切削过程模拟，如图 12−154 所示。

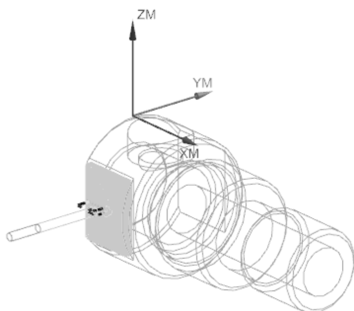


图 12−153　生成刀具路径

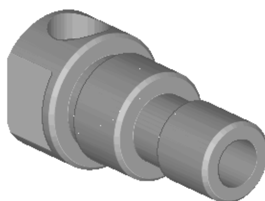


图 12−154　实体切削验证

7）单击【确定】按钮，返回【平面铣】对话框，然后单击【确定】按钮，完成加工工序。

7．刀轨变换

1）在【工序导航器】窗口中选中操作 PLANAR_MILL，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对象】→【变换】命令，如图 12−155 所示。

2）在弹出的【变换】对话框中选择“通过一平面镜像”类型，在【变换参数】选项组中选择【指定平面】为“YC”，在【结果】选项组中选择“复制”，【距离/角度分割】为“1”，如图 12−156 所示。

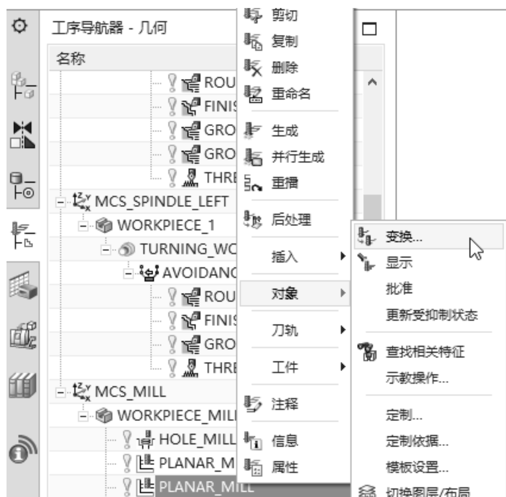


图 12−155 菜单快捷命令



图 12−156 【变换】对话框

3）单击【变换】对话框中的【确定】按钮，完成刀轨变换操作，如图 12−157 所示。

4）在【工序导航器】中选中所有的工序，单击【工序】工具栏上的【确认刀轨】按钮，可验证所设置的刀轨，如图 12−158 所示。

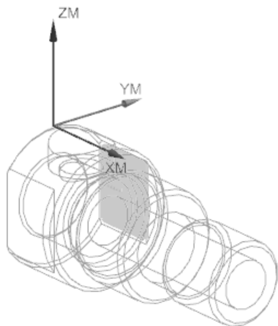


图 12−157 旋转复制的切削刀具路径

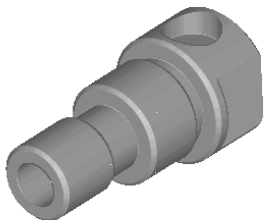


图 12−158 刀具路径切削验证

5）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 12 章\铜凸轮阀座完成.prt）。

12.4 实例小结

本节通过铜凸轮座的加工讲解了 UG NX 车铣复合加工的应用流程。读者需要注意下面几点：

1）车铣复合加工必须在车铣复合加工机床上完成，即必须在数控转塔车床或车削加工中心上装有铣削主轴。

2）当工件存在掉头车削加工时，应该重新定义加工坐标系、加工几何和加工刀具。实际上所用刀具并没有更改，但 UG NX 不能显示同样的刀具号，因此在程序传到机床准备加工时，需要修改刀具号，以免发生错误。

第 13 章　四轴线切割入门实例——车模数控加工

本例加工对象为车模，它的外形结构如图 13-1 所示。通过此加工实例的学习，读者将掌握四轴线切割加工的操作方法和一般步骤。

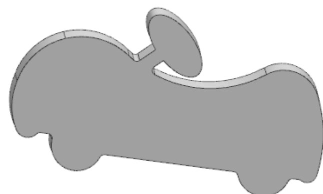


图 13-1　车模零件

13.1　实例分析

13.1.1　实例整体分析

车模零件如图 13-1 所示。需要加工的面是轮廓外表面，侧面存在 2°斜度，工件材料为 45，厚度为 20mm，要求加工精度为 *Ra*6.3μm。

13.1.2　实例加工分析

图 13-1 所示的车模零件可采用外轮廓线切割加工，由于侧面有斜度，故可采用四轴数控线切割机床。由于零件加工精度不高，采用纯铜丝作电极丝，该类型丝适合于切割速度不高、精度较低的场合。由于工件的厚度为 20mm，可选择丝径为 0.2mm。

13.2　加工流程与每步所用知识点

车模线切割数控加工具体的设计流程和知识点，见表 13-1 所示。

表 13-1　车模线切割数控加工具体的设计流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择线切割（wire_edm）	
Step 2：定义坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置。在刀具路径中，所有位置点的坐标值与加工坐标系关联	

（续）

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 3：创建 SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM 几何体	创建外部轮廓线切割边界	
Step 4：设置切削参数	“切削参数”包括“上，下部平面”“切削方向”“步距”和“割线位置”等	
Step 5：非切削参数	“非切削参数”包括“进刀”“退刀”“避让”“刀具补偿”和“停止点”等	
Step 6：生成刀具路径	生成线切割加工的刀轨	
Step 7：后处理	利用后处理器生成线切割加工代码	

13.3 具体的加工操作过程

13.3.1 初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“车模.prt”（随书文件：\第 13 章\车模.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 13−2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“wire_edm”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 13−3 所示。

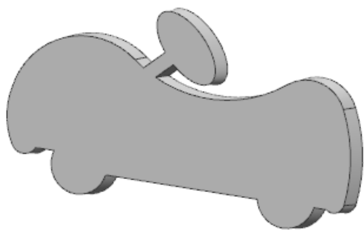


图 13−2 打开的模型文件

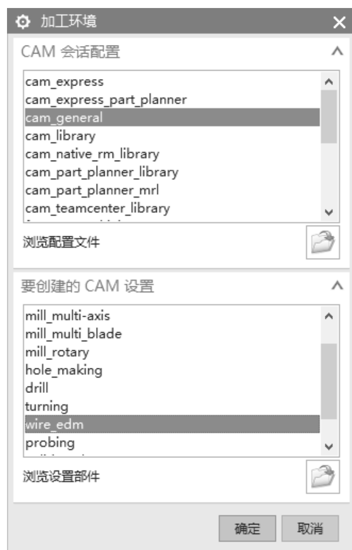


图 13−3 【加工环境】对话框

13.3.2 定义加工坐标系

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1）双击【工序导航器】窗口中的【MCS_WEDM】图标，弹出【MCS 线切割】对话框，如图 13−4 所示。

2）单击【确定】按钮，将加工坐标系设置成与工作坐标系的方位相同，完成坐标系设置，如图 13−5 所示。



图 13−4 【MCS 线切割】对话框

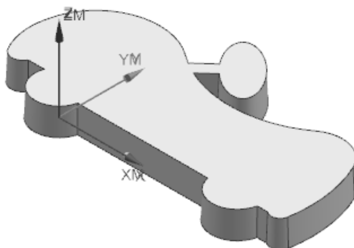


图 13−5 定义的加工坐标系

(注意) 线切割坐标系的创建过程：首先调整好工作坐标系 WCS 的方向，使工作坐标系的 ZC 轴处于线切割电极丝方位，然后将 MCS 设置为与 WCS 相同即可。

13.3.3 创建外轮廓线切割加工

1．创建 SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM 几何体

1）单击【主页】选项卡中的【插入】选项组的【创建几何体】按钮，系统弹出【创建几何体】对话框，如图 13−6 所示。

2）单击【创建几何体】对话框中的【SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM】图标，然后单击【确定】按钮，弹出【顺序外部修剪】对话框，如图 13−7 所示。

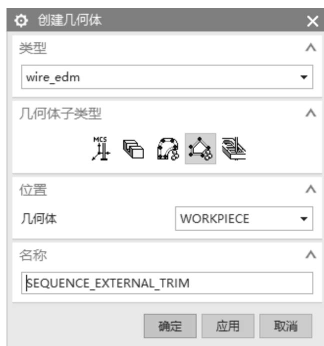


图 13−6 【创建几何体】对话框



图 13−7 【顺序外部修剪】对话框

3）单击【几何体】选项组中的【选择或编辑几何体】按钮，弹出【线切割几何体】对话框，选择【轴类型】为【4 轴】图标，【过滤器类型】为【侧面】图标，如图 13−8 所示。

4）在图形区选择模型的所有侧表面，如图 13−9 所示。单击【确定】按钮，返回【顺序外部修剪】对话框。

5）单击【顺序外部修剪】对话框中【几何体】选项组的【选择或编辑几何体】按钮，弹出【编辑几何体】对话框，设置相关参数，如图 13−10 所示。单击【确定】按钮，返回【顺序外部修剪】对话框。



图 13−8 【线切割几何体】对话框

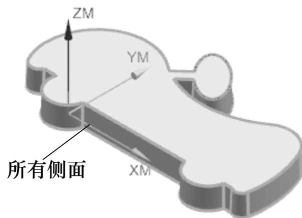


图 13−9 选择所有侧面



图 13−10 【编辑几何体】对话框

2．刀轨设置

在【顺序外部修剪】对话框中设置相关加工参数，如图 13-11 所示。

3．切削设置

单击【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置相关参数如下：

1）在【策略】选项卡中设置【上部平面 ZM】为“40.0000”，【下部平面 ZM】为“–20.0000”，【割线位置】为“相切”，其他相关参数设置如图 13-12 所示。

2）在【拐角】选项卡中，设【凸角】为“延伸并修剪”，其他参数设置如图 13-13 所示。单击【确定】按钮，返回【顺序外部修剪】对话框。



图 13-11　设置加工参数



图 13-12　【策略】选项卡



图 13-13　【拐角】选项卡

(注意) 上部平面和下部平面用于设置引导夹持器移动的上部、下部平面距离，平面的方位和加工坐标系（MCS）有关，平面的法向与 ZM 轴一致，数值从加工坐标系原点开始。

4．非切削参数

单击【非切削参数】按钮，弹出【非切削参数】对话框，设置相关参数如下：

1）单击【进刀】选项卡，设置【前导方法】为“圆形”，如图 13-14 所示。

2）单击【退刀】选项卡，设置【后导方法】为“同前导”，如图 13-15 所示。



图 13-14　【进刀】选项卡



图 13-15　【退刀】选项卡

3）单击【避让】选项卡，弹出【避让】对话框，设置相关参数如下：

① 在图 13-16 所示对话框中的【出发点】选项组的【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（50，120，0），如图 13-17 所示。单击【确定】按钮，完成出发点设置。

② 在图 13-18 所示【避让】选项卡中的【回零点】选项组中的【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（50，120，0），如图 13-19 所示。单击【确定】按钮，完成回零点设置。

4）单击【刀具补偿】选项卡，设置相关参数，如图 13-20 所示。

5）单击【停止点】选项卡，设置相关参数，如图 13-21 所示。



图 13-16 【避让】选项卡



图 13-17 【点】选项卡



图 13-18 【避让】选项卡



图 13-19 【点】选项卡



图 13-20 【刀具补偿】选项卡



图 13-21 【停止点】选项卡

（注意）停止点为内、外轮廓切割和开轮廓切割定义一个停止点。可在切割完成之前增加一个停顿，如增加一个选择停止或停止。对于外轮廓切割和开轮廓切割操作，停止点一般创建在最后一圈，离终点一定距离。

6）依次单击【确定】按钮，创建外部轮廓线切割工序，此时系统自动生成 3 个子工序，如图 13-22 所示。



图 13-22 自动生成的子工序

5. 编辑子工序

1）双击【工序导航器】中的【EXTERNAL_TRIM_ROUGH】工序，弹出【External Trim Rough】对话框，如图 13-23 所示。

2）单击【进给】按钮，弹出【进给】对话框，设置相关参数，如图 13-24 所示。单击【确定】按钮，返回【External Trim Rough】对话框。



图 13-23 【External Trim Rough】对话框



图 13-24 【进给】对话框

3）在【运动输出类型】中选择“圆形”,【割线状态控制】为“逼近和离开”，如图 13-25 所示。单击【确定】按钮完成。

(注意) 运动输出类型为“圆形”是指通过一系列圆弧插补命令的方式把电极丝运动由圆弧引入切割路径中。

4）重复上述步骤，依次设置 EXTERNAL_TRIM_CUTOFF 和 EXTERNAL_TRIM_FINISH 工序参数。

6．生成刀具路径

在【工序导航器】窗口中选中【SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM】几何体，然后单击【工序】工具栏上的【生成刀轨】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 13-26 所示。

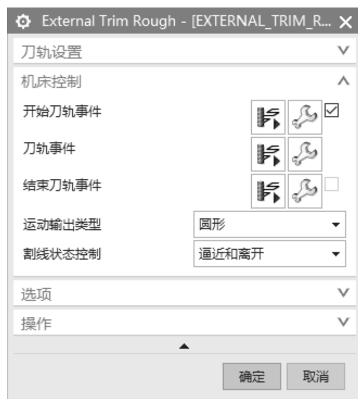


图 13-25 【机床控制】选项组

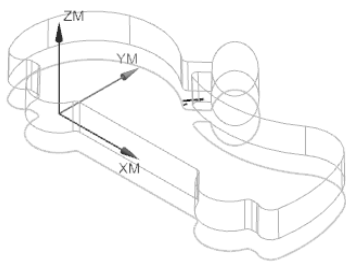


图 13-26　生成的刀具路径

13.3.4　后处理

1）在【工序导航器】窗口中选中【SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM】几何体，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框。选择“WIRE_EDM_4_AXIS”后处理器，其他参数设置如图 13-27 所示。

2）单击【确定】按钮后，弹出【信息】对话框，显示加工代码，如图 13-28 所示。



图 13-27 【后处理】对话框

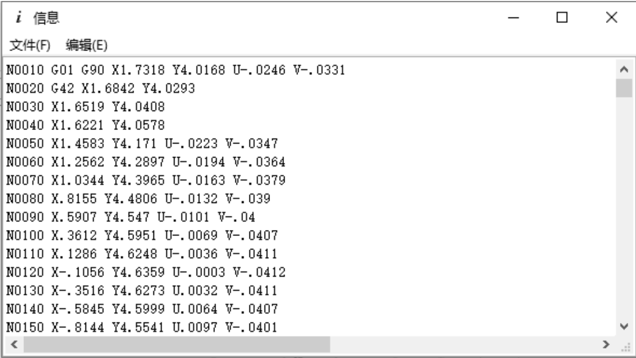


图 13-28 【信息】对话框

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 13 章\车模完成.prt）。

13.4 实例小结

本节通过车模的加工讲解了 UG NX 10.0 四轴线切割加工的一般方法和过程，即“加载模型”→“初始化线切割加工环境”→“定义加工坐标系”→“创建加工几何体”→“编辑子工序”→“生成刀轨”→“后处理”。读者学习时需要注意，四轴线切割加工几何体要通过顶面、侧面和线框来创建。

第 14 章　四轴线切割提高实例——心形配饰数控加工

本例加工对象为心形配饰，它的外形结构如图 14−1 所示。本实例应用到内、外轮廓线切割加工，较为经典，建议读者学完后进行举一反三的练习。

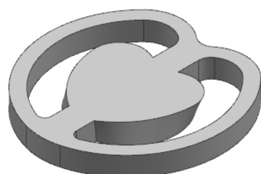


图 14−1　心形配饰

14.1　实例分析

14.1.1　实例整体分析

心形配饰零件如图 14−1 所示，要加工的面是内、外轮廓表面，内轮廓表面上下异形，工件材料为 45 钢，厚度为 30mm，要求加工精度为 *Ra*6.3μm。

14.1.2　实例加工分析

图 14−1 所示的心形配饰零件可采用内、外轮廓线切割加工，由于内轮廓表面与上、下表面是异形形状，故可采用四轴数控线切割机床。外轮廓表面可采用两轴线切割方式完成。由于零件加工精度不高，采用纯铜丝作电极丝，该类型丝适合于切割速度不高、精度较低的场合。由于工件的厚度为 30mm，可选择丝径为 0.2mm。

14.2　加工流程与每步所用知识点

心形配饰线切割数控加工具体的设计流程和知识点，见表 14−1 所示。

表 14−1　心形配饰线切割数控加工具体的设计流程和知识点

步　　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件，进入加工环境	数控加工环境是指进入 UG NX 的制造模块后进行编程作业的软件环境，选择线切割（wire_edm）	加工环境 CAM 会话配置 cam_express cam_express_part_planner cam_general cam_library cam_native_rm_library cam_part_planner_library cam_part_planner_mrl cam_teamcenter_library 浏览配置文件 要创建的 CAM 设置 mill_multi-axis mill_multi_blade mill_rotary hole_making drill turning wire_edm probing 浏览设置部件 确定　取消

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 2：定义坐标系	加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置。在刀具路径中，所有位置点的坐标值与加工坐标系关联	ZM YM XM
Step 3：创建刀具	创建加工所需的加工刀具	线刀具 刀具 引导线 图例 D 尺寸 (D) 直径 0.2000 描述 数字 信息 库 预览 确定 取消
Step 4：内部轮廓线切割左腔	内部轮廓四轴线切割沿着内部轮廓进行切割	ZM YM XM
Step 5：内部轮廓线切割右腔	内部轮廓四轴线切割沿着内部轮廓进行切割	ZM YM XM
Step 6：外部轮廓线切割	外部轮廓四轴线切割可以沿着外部轮廓进行切割	ZM YM XM

（续）

步　骤	设计知识点	设计流程效果图
Step 7：后处理	利用后处理器生成线切割加工代码	*i* 信息 文件(F)　编辑(E) N0010 G41 G01 G90 X-2.9794 Y5.1316 U0.0 V0.0 N0020 G03 X-3.0916 Y5.0535 I-.1655 J.3572 N0030 X-1.3184 Y-3.3981 I-3.632 J3.6498 N0040 X-.8008 Y-3.0435 I-.1373 J-.3546 N0050 G01 Y-1.7411 V-.2993 N0060 X-.8022 Y-1.7338 N0070 X-.8062 Y-1.7276 N0080 X-.8121 Y-1.7233 N0090 X-.8193 Y-1.7214 N0100 X-.8948 Y-1.717 U.0354 V-.2408 N0110 X-1.0359 Y-1.6993 U.0959 V-.169 N0120 X-1.0711 Y-1.6936 U.1112 V-.1523 N0130 X-1.106 Y-1.6874 U.1264 V-.1362 N0140 X-1.1408 Y-1.6807 U.1417 V-.1206 N0150 X-1.1756 Y-1.6736 U.1571 V-.1057

14.3　具体的加工操作过程

14.3.1　初始化加工环境

1．打开模型文件

启动 UG NX 10.0 后，在功能区单击【主页】选项卡上的【打开】按钮，打开【打开部件文件】对话框，选择“心形配饰.prt”（随书文件：\第 14 章\心形配饰.prt），单击【确定】按钮，文件打开后如图 14−2 所示。

2．进入加工模块

单击功能区中的【应用模块】选项卡，单击【加工】按钮，弹出【加工环境】对话框。然后在【CAM 会话配置】中选择“cam_general”，在【要创建的 CAM 设置】中选择“wire_edm”，单击【确定】按钮，初始化加工环境，如图 14−3 所示。

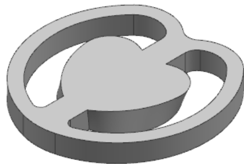


图 14−2　打开的模型文件

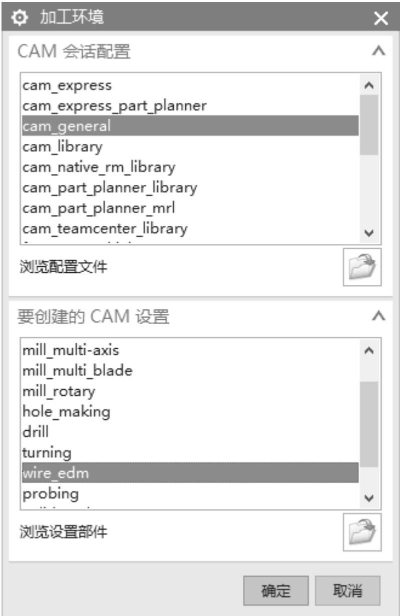


图 14−3　【加工环境】对话框

14.3.2 定义加工坐标系

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1）双击【工序导航器】窗口中的【MCS_WEDM】图标MCS_WEDM，弹出【MCS 线切割】对话框，如图 14−4 所示。

2）单击【确定】按钮，将加工坐标系设置成与工作坐标系的方位相同，完成坐标系设置，如图 14−5 所示。



图 14−4 【MCS 线切割】对话框

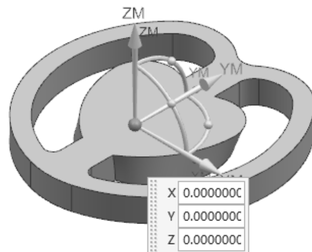


图 14−5 定义的加工坐标系

14.3.3 创建线切割刀具

1）单击【插入】工具栏上的【创建刀具】按钮，系统弹出【创建刀具】对话框，【刀具子类型】选择线切割刀具，如图 14−6 所示。单击【确定】按钮。

2）在弹出的【线刀具】对话框的【刀具】选项卡中设置【直径】为“0.2000”，如图 14−7 所示。



图 14−6 【创建刀具】对话框

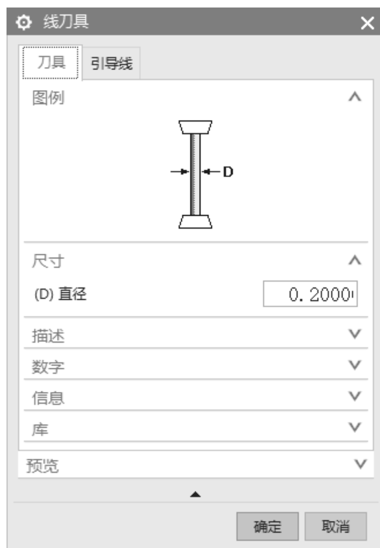


图 14−7 【线刀具】对话框

14.3.4 创建内轮廓线切割加工左腔

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建内部轮廓线切割工序

1）单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，弹出【创建工序】对话框。在【类型】下拉列表框中选择“wire_edm”，【工序子类型】选择第 1 个图标（INTERNAL_TRIM），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“WIRE”、【几何体】选择“MCS_WEDM”、【方法】选择“METHOD”，在【名称】文本框中输入“INTERNAL_TRIM”，如图 14−8 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【内部修剪】对话框，设置相关参数，如图 14-9 所示。



图 14-8 【创建工序】对话框



图 14-9 【内部修剪】对话框

2．选择几何体

1）单击【几何体】选项中的【指定线切割几何体】按钮，弹出【线切割几何体】对话框，选择【轴类型】为【4 轴】图标，【过滤器类型】为【侧面】图标，如图 14-10 所示。

2）在图形区选择模型的内锥孔表面，如图 14-11 所示。单击【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。

3）单击【内部修剪】对话框中【几何体】选项组的【选择或编辑几何体】按钮，弹出【编辑几何体】对话框，设置相关参数，如图 14-12 所示。单击【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。



图 14-10 【线切割几何体】对话框

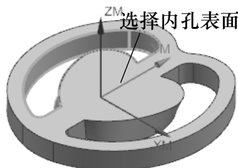


图 14-11　选择内孔表面



图 14-12 【编辑几何体】对话框

3．刀轨设置

在【内部修剪】对话框中设置【刀轨设置】选项组的相关加工参数，如图 14-13 所示。



图 14-13　设置加工参数

4．设置切削参数

单击【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置相关参数如下：

1）在【策略】选项卡中设置【上部平面 ZM】为“25.0000”,【下部平面 ZM】为“-55.0000”,【割线位置】为“相切”，其他相关参数如图 14-14 所示。

2）在【拐角】选项卡中，设置【凸角】为“延伸并修剪”，设置其他参数如图 14-15 所示。单击【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。



图 14-14　【策略】选项卡



图 14-15　【拐角】选项卡

5．设置非切削参数

单击【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框，设置相关参数如下：

1）单击【进刀】选项卡，设【前导方法】为“圆形”，其他参数如图 14-16 所示。

2）单击【退刀】选项卡，设【后导方法】为“同前导”，如图 14-17 所示。



图 14-16 【进刀】选项卡



图 14-17 【退刀】选项卡

3）单击【避让】选项卡，如图 14-18 所示，【出发点】选项组的【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（-65，120，0），如图 14-19 所示。单击【确定】按钮，完成出发点设置。



图 14-18 【避让】选项卡



图 14-19 【点】对话框

4）在图 14-20 所示的对话框的【回零点】选项组中，【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（-65，120，0.000000000），如图 14-21 所示。单击【确定】按钮，完成回零点设置。

5）单击【刀具补偿】选项卡，设置相关参数，如图 14-22 所示。

6）单击【停止点】选项卡，设置相关参数，如图 14-23 所示。

7）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。

6．设置进给

单击【进给】按钮，弹出【进给】对话框，设置相关参数，如图 14-24 所示。

7．设置机床控制

在【机床控制】选项组的【运动输出类型】中选择“圆形”，【割线状态控制】为“逼近和离开”，如图 14-25 所示。



图 14-20 【避让】选项卡



图 14-21 【点】对话框



图 14-22 【刀具补偿】选项卡



图 14-23 【停止点】选项卡

8．生成刀具路径

在【内部修剪】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 14-26 所示。



图 14-24 【进给】对话框

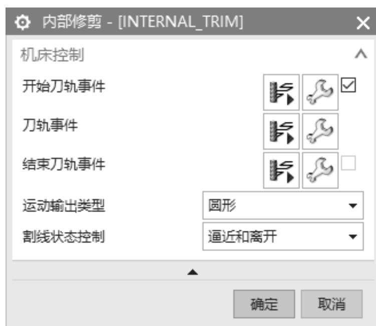


图 14-25 【机床控制】选项组

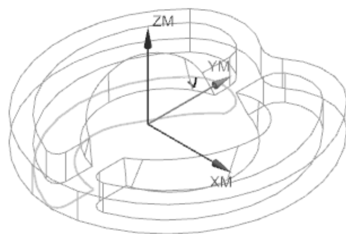


图 14-26 生成的刀具路径

14.3.5　创建内轮廓线切割加工右腔

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．复制工序

1）在【工序导航器】窗口中选中“INTERNAL_TRIM”几何体，然后单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】命令，如图 14−27 所示。

2）在【工序导航器】窗口中选中“INTERNAL_TRIM”几何体，然后单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【粘贴】命令，如图 14−28 所示。

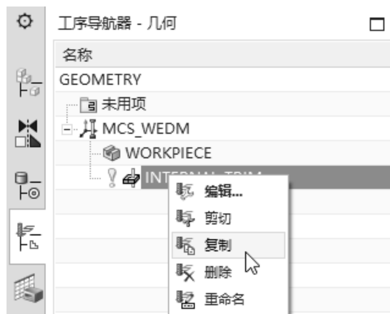


图 14−27　复制几何体

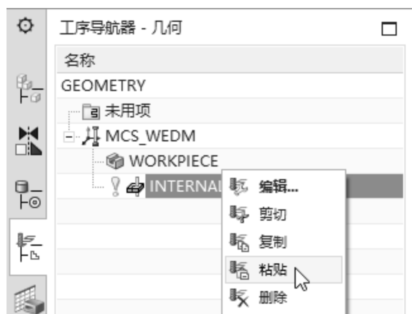


图 14−28　粘贴几何体

2．重新选择加工几何体

1）在【工序导航器】窗口中双击“INTERNAL_TRIM_COPY”，弹出【内部修剪】对话框，如图 14−29 所示。

2）单击【几何体】选项组的【选择或编辑几何体】按钮，弹出【编辑几何体】对话框，单击【移除】按钮，再单击【确定】按钮。

3）单击【几何体】选项组中的【指定线切割几何体】按钮，弹出【线切割几何体】对话框，选择【轴类型】为【4 轴】图标，【过滤器类型】为【侧面】图标，如图 14−30 所示。在图形区选择模型的内锥孔表面，如图 14−31 所示。单击【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。



图 14−29　【内部修剪】对话框



图 14−30　【线切割几何体】对话框

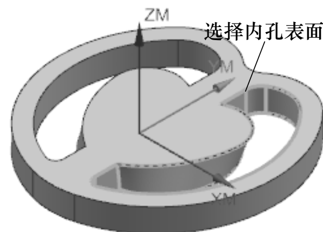


图 14−31　选择内孔表面

4）单击【内部修剪】对话框中【几何体】选项组的【选择或编辑几何体】按钮，弹出【编辑几何体】对话框，设置相关参数，如图 14−32 所示。单击【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。

3．设置非切削参数

单击【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框，设置相关参数如下：

1）单击【避让】选项卡，如图 14-33 所示，【出发点】选项组的【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（65，120，0），如图 14-34 所示。单击【确定】按钮，完成出发点设置。

2）在图 14-35 所示的对话框的【回零点】选项组中，【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（65，120，0），如图 14-36 所示。单击【确定】按钮，完成回零点设置。

3）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。



图 14-32 【编辑几何体】对话框



图 14-33 【避让】选项卡



图 14-34 【点】对话框



图 14-35 【避让】选项卡

4．生成刀具路径

在【内部修剪】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 14-37 所示。



图 14-36　【点】对话框

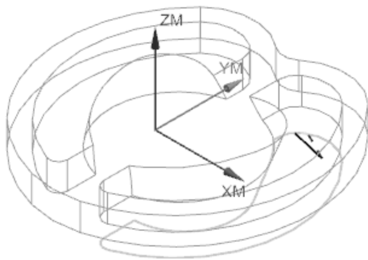


图 14-37　生成的刀具路径

14.3.6　创建外轮廓线切割

单击【快速访问】工具栏上的【几何视图】按钮，将【工序导航器】切换到几何视图显示。

1．创建工序

1）单击【插入】工具栏上的【创建工序】按钮，在【类型】下拉列表框中选择“wire_edm”，【工序子类型】选择第 2 个图标（EXTERNAL_TRIM），【位置】选项组的【程序】选择“NC_PROGRAM”、【刀具】选择“WIRE”、【几何体】选择“MCS_WEDM”、【方法】选择“WEDM_METHOD”，在【名称】文本框中输入“EXTERNAL_TRIM”，如图 14-38 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【外部修剪】对话框，设置相关参数，如图 14-39 所示。



图 14-38　【创建工序】对话框



图 14-39　【外部修剪】对话框

2．选择几何体

1）单击【指定线切割几何体】选项中的【选择】按钮，弹出【线切割几何体】对话框，选择【轴类型】为【2 轴】图标，【过滤器类型】为【线】图标，如图 14-40 所示。

2）在图形区选择模型的边界，如图 14-41 所示。单击【确定】按钮，返回【外部修剪】对话框。



图 14-40 【线切割几何体】对话框

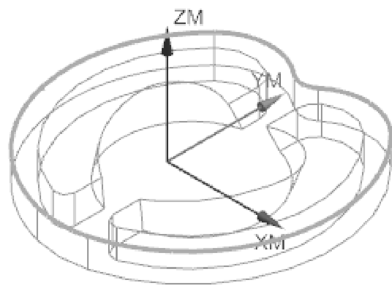


图 14-41 选择边界几何

3．刀轨设置

在【外部修剪】对话框中设置相关加工参数，如图 14-42 所示。

4．设置切削参数

单击【切削参数】按钮，弹出【切削参数】对话框，设置相关参数如下：

1）在【策略】选项卡中设置【上部平面 ZM】为“25.0000”,【下部平面 ZM】为“-55.0000”,【割线位置】为“相切”，其他相关参数如图 14-43 所示。

2）在【拐角】选项卡中，设置【凸角】为“延伸并修剪”，其他参数设置如图 14-44 所示。单击【确定】按钮，返回【外部修剪】对话框。



图 14-42 设置加工参数



图 14-43 【策略】选项卡



图 14-44 【拐角】选项卡

5．设置非切削参数

单击【非切削移动】按钮，弹出【非切削移动】对话框，设置相关参数如下：

1）单击【进刀】选项卡，设【前导方法】为“圆形”，其他参数如图 14-45 所示。

2）单击【退刀】选项卡，设【后导方法】为“同前导”，如图 14-46 所示。



图 14-45　【进刀】选项卡



图 14-46　【退刀】选项卡

3）单击【避让】选项卡，如图 14-47 所示，【出发点】选项组的【点选项】选“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（35，−130，0.000000000），如图 14-48 所示。单击【确定】按钮，完成出发点设置。



图 14-47　【避让】选项卡



图 14-48　【点】对话框

4）在图 14-49 所示的对话框的【回零点】选项组中，【点选项】选中“指定”，单击其后的【点对话框】按钮，弹出【点】对话框，输入点的坐标为（35，−130，0.000000000），如图 14-50 所示。单击【确定】按钮，完成回零点设置。



图 14-49　【避让】选项卡



图 14-50　【点】对话框

5）单击【刀具补偿】选项卡，设置相关参数，如图 14−51 所示。

6）单击【停止点】选项卡，设置相关参数，如图 14−52 所示。



图 14−51 【刀具补偿】选项卡



图 14−52 【停止点】选项卡

7）单击【非切削移动】对话框中的【确定】按钮，返回【内部修剪】对话框。

6．设置进给

单击【进给】按钮，弹出【进给】对话框，设置相关参数，如图 14−53 所示。

7．设置机床控制

在【机床控制】选项组的【运动输出类型】中选择“圆形”，【割线状态控制】为“逼近和离开”，如图 14−54 所示。



图 14−53 【进给】对话框



图 14−54 【机床控制】选项组

8．生成刀具路径

在【外部修剪】对话框中完成参数设置后，单击该对话框底部【操作】选项组中的【生成】按钮，可生成该工序的刀具路径，如图 14−55 所示。

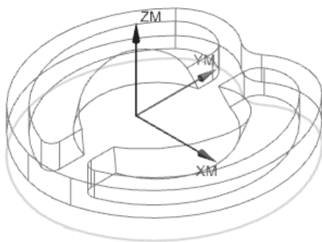


图 14−55 生成的刀具路径

14.3.7　后处理

1）在【工序导航器】窗口中选中【SEQUENCE_EXTERNAL_TRIM】几何体，然后单击【主页】选项卡中【工序】选项组的【后处理】按钮，弹出【后处理】对话框。选择“WIRE_EDM_4_AXIS”后处理器，其他参数如图 14−56 所示。

2）单击【确定】按钮，弹出【信息】对话框，显示加工代码，如图 14−57 所示。

3）打开菜单【文件】，单击【保存】命令，保存所创建的零件文件（随书文件：\第 14 章\心形配饰完成.prt）。



图 14−56　【后处理】对话框

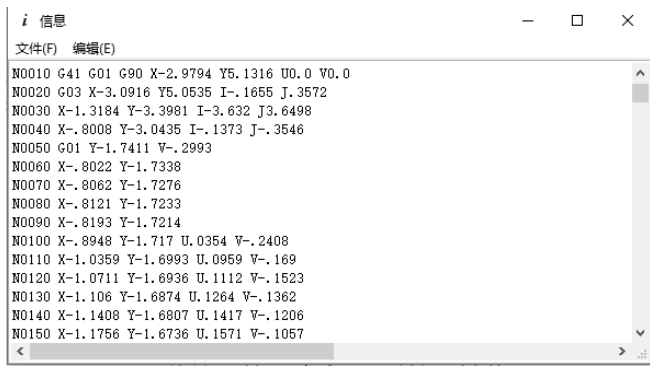


图 14−57　【信息】对话框

14.4　实例小结

本节通过心形配饰的数控加工讲解了 UG NX 10.0 四轴线切割加工的具体应用，重点讲解了通过工序对话框创建线切割的方法。通过工序对话框创建线切割的方法与通过几何体创建线切割的过程相似，不同的是它只能生成一个对应的操作，而不是三个子操作。

参 考 文 献

[1]　宋放之．数控机床多轴加工技术实用教程[M]．北京：清华大学出版社，2010．
[2]　黄翔，李迎光．数控编程理论、技术与应用[M]．北京：清华大学出版社，2006．
[3]　王华侨，张颖．实用数控加工技术应用与开发[M]．北京：机械工业出版社，2007．
[4]　高长银，李万全，黎胜容，等．UG NX 7.5 多轴数控加工典型实例详解[M]．北京：机械工业出版社，2012．
[5]　北京兆迪科技有限公司．UG NX 10.0 数控加工教程[M]．北京：机械工业出版社，2015．





ISBN 978-7-111-44243-1 扫二维码进入微店购买



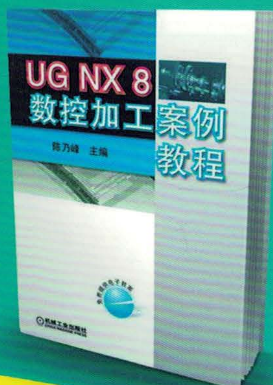


ISBN 978-7-111-51228-8 扫二维码进入微店购买



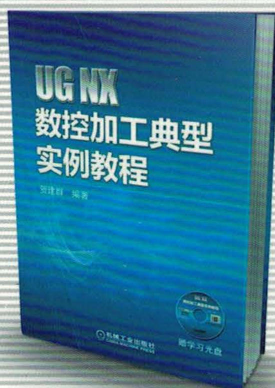


ISBN 978-7-111-40680-8 扫二维码进入微店购买





ISBN 978-7-111-38844-9 扫二维码进入微店购买





ISBN 978-7-111-38843-2 扫二维码进入微店购买



编辑QQ：296447532

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版


机械工业出版社微信公众号


机械工业出版社科普平台
科技有的聊


机械工业出版社制造业资讯
制造业那些事儿

上架指导 工业技术/机械工程/数控技术

策划编辑◎周国萍 ISBN 978-7-111-57336-4



定价：79.00元